



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN *AQUATIC WEED AND TRASH SKIMMER BOAT*
DENGAN SISTEM PENGGERAK *PADDLE WHEEL* DI
SUNGAI KALIMAS SURABAYA**

**Arief Ega Pratama
NRP 04111440000063**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN *AQUATIC WEED AND TRASH SKIMMER BOAT*
DENGAN SISTEM PENGGERAK *PADDLE WHEEL* DI
SUNGAI KALIMAS SURABAYA**

**Arief Ega Pratama
NRP 04111440000063**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN AQUATIC WEED AND TRASH SKIMMER BOAT
WITH PADDLE WHEEL MOVING SYSTEM IN KALIMAS
RIVER SURABAYA**

**Arief Ega Pratama
NRP 04111440000063**

**Supervisor
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *AQUATIC WEED AND TRASH SKIMMER BOAT* DENGAN SISTEM PENGGERAK *PADDLE WHEEL* DI SUNGAI KALIMAS SURABAYA

TUGAS AKHIR

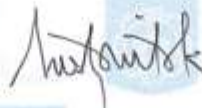
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARIEF EGA PRATAMA
NRP 04111440000063

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
NIP 19681212-199402 2 001

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Arsyawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210-198903 1 001

SURABAYA, 10 JULI 2018

LEMBAR REVISI

DESAIN *AQUATIC WEED AND TRASH SKIMMER BOAT* DENGAN SISTEM PENGGERAK *PADDLE WHEEL* DI SUNGAI KALIMAS SURABAYA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 4 Juli 2018

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ARIEF EGA PRATAMA
NRP 04111440000063

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D.



2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.



3. Ardi Nugroho Yulianto, S.T., M.T.

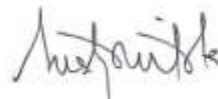


4. Danu Utama, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.



SURABAYA, 10 JULI 2018

Dipersembahkan kepada kedua orang tua saya, Agus Sudibyo dan Susilowatiningsih, serta keluarga saya atas segala dukungan dan doanya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karuniaNya dan rahmatNya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ibu Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktu, ilmu serta arahan bimbingan selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Ardi Nugroho Yulianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing kedua yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan memberikan arahan serta masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS;
4. Bapak Ir.Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan ITS;
5. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
6. Kedua orang tua penulis, Ayah Agus Sudibyo dan Ibu Susilowatiningsih yang telah memberikan kasih sayang, dukungan baik secara moril maupun materi, dan memberikan motivasi serta doa selama ini;
7. Bapak Kurdi selaku pegawai Perum Jasa Tirta I Surabaya yang telah bersedia membantu memberikan data-data pendukung dalam Tugas Akhir ini;
8. Teman-teman P54 yang mendukung, menyemangati, memberikan hiburan saat penulis merasa jenuh;
9. Teman-teman Marlboro yang senantiasa ada disamping penulis untuk menyemangati serta mendukung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini;
10. Teman-teman satu dosen pembimbing yang memberikan ilmu dan informasi selama pengerjaan Tugas Akhir: Majid, Karina, Raka, Nandes, Haekal dan Haikal;

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 10 Juli 2018

Arief Ega Pratama

DESAIN *AQUATIC WEED AND TRASH SKIMMER BOAT* DENGAN SISTEM PENGGERAK *PADDLE WHEEL* DI SUNGAI KALIMAS SURABAYA

Nama Mahasiswa : Arief Ega Pratama
NRP : 04111440000063
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRAK

Surabaya sebagai kota terbesar kedua di Indonesia memiliki masalah yang cukup serius yaitu banjir setiap tahun yang disebabkan timbunan sampah dan tumbuhan air khususnya di sungai-sungai. Tugas Akhir ini mempunyai tujuan untuk melakukan analisis secara teknis mengenai desain kapal yang digunakan untuk mengangkut sampah dan tumbuhan air sesuai dengan kondisi Sungai Kalimas itu sendiri. Dipilih lambung katamaran dengan *conveyor* dibagian haluan, buritan dan di ruang muat serta dilengkapi alat pemotong dibagian haluan dikarenakan katamaran memiliki geladak yang luas sehingga dapat mengangkut muatan lebih banyak. Selain itu kapal pembersih ini dirancang dengan sistem penggerak *paddle wheel* agar dapat bermanuver pada perairan yang cukup dangkal tanpa harus takut terhambat sampah maupun tumbuhan air sehingga cocok untuk kondisi Sungai Kalimas Surabaya. Proses desain kapal dilakukan dengan menentukan *payload* untuk mendapatkan ukuran utama kapal awal kemudian dilakukan proses optimasi dengan metode 256. Perhitungan teknis menggunakan *rules* untuk kapal katamaran dengan $L < 50$ m. Hasil perhitungan teknis diperoleh ukuran utama *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat* sebesar $L_{wl} = 9,2$ m, $B = 6$ m, $B_{oa} = 8$ m, $B_l = 1.3$ m, $T = 0.7$ m, $H = 1.7$ m, $C_b = 0,5$ dan $V_s = 4$ knots. Selanjutnya dari ukuran utama yang diperoleh dibuat Gambar Rencana Garis, Gambar Rencana Umum, dan Model 3D serta melakukan analisis biaya pembangunan.

Kata kunci: *aquatic weed*, *catamaran*, *conveyor*, *paddle wheel*, *trash skimmer*, Sungai Kalimas Surabaya.

DESIGN AQUATIC WEED AND TRASH SKIMMER BOAT WITH PADDLE WHEEL MOVING SYSTEM IN KALIMAS RIVER SURABAYA

Author : Arief Ega Pratama
ID No. : 04111440000063
Departement/Faculty : Naval Architecture/Marine Technology
Supervisor : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRACT

Surabaya as the second big city in Indonesia has a serious problem that is flooded every year due to the garbage and weed aquatic, especially in the rivers. The purpose of this Final Project is to do technical analysis about the ship design that is suitable for the characteristic of Kalimas River. It chose catamaran hull with conveyor in the bow, the stern, and cargo hold and also completed with the cutter in the bow because of catamaran has spacious deck so it can carry more load. In addition, this skimmer boat also designed with paddle wheel system mover in order to maneuvering in the shallow water without afraid of blocked by garbages or weed aquatic so it is suitable for the condition of Kalimas River Surabaya. Ship design process is done by determine the payload to get first main size of the ship and the optimized process is done with 256 method. Technical calculation is using rules of catamaran with $L > 50\text{m}$. The result of technical calculation is main size Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat $L_{wl} = 9,2\text{ m}$, $B = 6\text{ m}$, $B_{oa} = 8\text{ m}$, $B_1 = 1.3\text{ m}$, $T = 0.7\text{m}$, $H = 1,7\text{ m}$, $C_b = 0,5$ and $V_s = 4\text{ knots}$. Furthermore, from the result of main size then created Lines Plan, General Arrangement, 3D Model and also analyze the building cost.

Keywords: aquatic weed, catamaran, conveyor, paddle wheel, trash skimmer, Sungai Kalimas Surabaya.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan	2
I.4. Batasan Masalah	3
I.5. Manfaat	3
I.6. Hipotesis.....	4
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori.....	5
II.1.1 <i>Design Statement</i>	5
II.1.2. <i>Concept Design</i>	6
II.1.3. <i>Preliminary Design</i>	7
II.1.4. <i>Contract Design</i>	7
II.1.5. <i>Detail Design</i>	8
II.1.6. <i>Level Design</i>	8
II.1.7. Metode <i>Design Layout</i>	8
II.1.8. Metode 256.....	9
II.1.9. Kapal Kerja	9
II.1.10. Penentuan Ukuran Utama Kapal.....	9
II.1.11. Main Coefficient	10
II.1.12. Perhitungan Hambatan.....	11
II.1.13. Perhitungan Propulsi dan <i>Powering</i>	12
II.1.14. Perhitungan Berat Kapal	12
II.1.15. Perhitungan Trim Kapal.....	13
II.1.16. Perhitungan <i>Freeboard</i>	14
II.1.17. Perhitungan Stabilitas Kapal	14
II.2. Tinjauan Pustaka	15
II.2.1. Sungai Kalimas Surabaya	15
II.2.2. <i>Layout</i> Awal	16
II.2.3. Kapal Kerja Skimmer.....	17
II.2.3.1. <i>Oil Skimmer Boat</i>	17
II.2.3.2. <i>Weed Harvester Skimmer Boat</i>	18
II.2.3.3. <i>Trash Skimmer Boat</i>	19
II.2.3.4. <i>Trash Hunter Boat (Bucket)</i>	19
II.2.4. Katamaran	20

II.2.4.1. Jenis Lambung Katamaran.....	21
II.2.4.2. Bentuk Lambung Katamaran	22
II.2.5. <i>Paddle Wheel</i>	23
II.3. Proses Pembersihan Sampah dan Tumbuhan Air.....	24
II.3.1. Tujuan Pembersihan Sampah dan Tumbuhan Air.....	24
II.3.2. Jenis-Jenis Sampah dan Tumbuhan Air yang Dibersihkan	25
II.4. Sistem Operasional <i>Loading-Offloading</i>	26
II.5. Tinjauan Ekonomis Kapal	27
II.5.1. Biaya Pembangunan Kapal.....	27
Bab III METODOLOGI	29
III.1. Identifikasi Masalah	29
III.2. Studi Literatur.....	29
III.3. Pengumpulan Data.....	29
III.4. Penentuan <i>Payload</i> dan Ukuran Utama Awal	29
III.5. Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis dengan Metode Optimasi 256	30
III.5.1. Variasi 256 Kapal	30
III.5.2. Perhitungan Hambatan dan Propulsi	30
III.5.3. Perhitungan Berat Kapal.....	31
III.5.4. Perhitungan <i>Freeboard</i>	31
III.5.5. Trim Kapal.....	31
III.5.6. Perhitungan Stabilitas Kapal	31
III.5.7. Perhitungan Biaya Pembangunan.....	31
III.6. Penentuan Ukuran Utama Optimum	31
III.7. Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model	32
III.8. Penentuan Sistem <i>Loading-Offloading</i>	32
III.9. Kesimpulan.....	32
III.10. Bagan Alir	33
Bab IV TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL.....	35
IV.1. Kondisi Sungai Kalimas Surabaya	35
IV.1.1. Struktur dan Dimensi Fisik Sungai Kalimas Surabaya	35
IV.2. Permasalahan yang Ada di Sungai Kalimas Surabaya	35
IV.2.1. Sampah	35
IV.2.2. Tumbuhan Air (Eceng Gondok, kangkung dan alga).....	37
IV.2.3. Sedimentasi.....	38
IV.3. Tinjauan Lokasi	38
IV.3.1. Segmentasi.....	38
IV.3.2. Zoning.....	40
IV.3.3. Pemilihan Daerah Operasional	40
IV.4. Hasil Survei	41
IV.5. Penentuan <i>Shelter Point</i> untuk <i>Dumping Area</i>	43
IV.6. Penentuan Pola Operasional Kapal	46
Bab V ANALISIS TEKNIS DAN PERHITUNGAN EKONOMIS.....	49
V.1. Analisis Teknis	49
V.1.1. Penentuan Jenis Kapal Beserta Sistem Pembersihnya	49
V.1.2. Penentuan Peralatan Bongkar Muat	51
V.1.3. Penentuan <i>Payload</i> dan Ukuran Utama Awal	52
V.1.4. Metode Optimasi 256 dan Penentuan Ukuran Utama Kapal yang Optimum	55
V.1.5. Perhitungan Hambatan Kapal.....	57
V.1.6. Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Kapal	61

V.1.7. Pemilihan Mesin, Baterai dan Generator	63
V.1.8. Penentuan Sistem Penggerak <i>Paddlewheel</i>	68
V.1.9. Perhitungan Berat dan Titik Berat	71
V.1.9.1. Perhitungan Konstruksi	72
V.1.9.2. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	76
V.1.10. Perhitungan Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>)	77
V.1.11. Perhitungan Trim Kapal.....	79
V.1.11.1. Kondisi A (Kapal Kosong).....	81
V.1.11.2. Kondisi B (25% <i>Full Load</i>).....	82
V.1.11.3. Kondisi C (50% <i>Full Load</i>).....	84
V.1.11.4. Kondisi D (75% <i>Full Load</i>)	85
V.1.11.5. Kondisi E (100% <i>Full Load</i>).....	86
V.1.12. Perhitungan Stabilitas Kapal	88
V.1.12.1. Kondisi A (Kapal Kosong).....	88
V.1.12.2. Kondisi B (25 % <i>Full Load</i>).....	90
V.1.12.3. Kondisi C (50% <i>Full Load</i>).....	91
V.1.12.4. Kondisi D (75 % <i>Full Load</i>)	93
V.1.12.5. Kondisi E (100 % <i>Full Load</i>).....	94
V.1.13. Pembuatan Rencana Garis	96
V.1.14. Pembuat Rencana Umum	99
V.1.15. Desain Model 3D Kapal.....	101
V.1.16. Sistem Transmisi dan Sistem Kemudi	103
V.2. Perhitungan Ekonomis	105
V.2.1. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal.....	105
Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
VI.1. Kesimpulan	109
VI.2. Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA.....	111
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A DATA PENDUKUNG	
LAMPIRAN B ANALISIS TEKNIS DAN PERHITUNGAN EKONOMIS	
LAMPIRAN C GAMBAR <i>LINESPLAN</i>	
LAMPIRAN D GAMBAR <i>GENERAL ARRANGEMENT</i>	
LAMPIRAN E <i>3D MODEL</i>	
LAMPIRAN F KATALOG	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Sungai Kalimas Surabaya	16
Gambar II.2 <i>Layout</i> Awal Desain Konsep <i>Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat</i>	17
Gambar II.3 <i>Oil Skimmer Boat</i> Membersihkan Minyak di Tengah Laut.....	18
Gambar II.4 <i>Weed Harvester Boat</i> Pembersih Tanaman Air.....	18
Gambar II.5 <i>Trash Skimmer Boat</i> Saat Beroperasi	19
Gambar II.6 <i>Trash Hunter Boat (Bucket)</i>	20
Gambar II.7 Bentuk Kapal yang Menggunakan <i>Hull Catamaran</i>	21
Gambar II.8 Improvisasi Aliran Fluida Pada Katamaran	22
Gambar II.9 <i>Detail</i> Konstruksi Bentuk Lambung <i>Rounded Bilge</i> Pada Katamaran.....	23
Gambar II.10 Kapal yang Menggunakan Sistem Penggerak <i>Paddle Wheel</i>	23
Gambar III.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir.....	33
Gambar IV.1 Persebaran Sampah di Sungai Kalimas Surabaya.....	36
Gambar IV.2 Tumpukan Sampah di Sungai Kalimas Surabaya	36
Gambar IV.3 contoh tumbuhan air yang ada di Sungai Kalimas Surabaya.....	37
Gambar IV.4 Contoh Sedimentasi dan Tumpukan Sampah yang ada di Sungai Kalimas	38
Gambar IV.5 Karakteristik Sungai Kalimas Surabaya	39
Gambar IV.6 Daerah Operasional <i>Weed Aquatic and Trash Skimmer Boat</i>	41
Gambar IV.7 Hasil Pengukuran Jembatan di Jl. Bung Tomo	41
Gambar IV.8 Hasil Pengukuran Jembatan di Jl. Sulawesi.....	42
Gambar IV.9 Hasil Pengukuran di Jembatan Jl. Karimun Jawa	42
Gambar IV.10 <i>Sheler I</i> Pintu Air Ngagel.....	45
Gambar IV.11 <i>Shelter II</i> TPS Ngagel	46
Gambar IV.12 <i>Shelter III</i> Sempadan Dam Gubeng	46
Gambar IV.13 Ilustrasi Pola Operasional Kapal	47
Gambar IV.14 <i>Flowchart</i> rute dan jadwal operasional kapal	48
Gambar V.1 Ukuran Ruang Muat Kapal.....	54
Gambar V.2 <i>Layout</i> Awal Kapal.....	54
Gambar V.3 Variasi Penambahan Sebesar X %	56
Gambar V.4 Perhitungan Metode Optimasi 256.....	56
Gambar V.5 Biaya Pembangunan Kapal yang Dipilih	57
Gambar V.6 Spesifikasi <i>Main Engine</i>	63
Gambar V.7 Spesifikasi Baterai.....	64
Gambar V.8 Spesifikasi <i>Generator Set</i>	67
Gambar V.9 Karakteristik Kapal Pembersih <i>Aquatic Plant Harvester Model FXB-11</i>	69
Gambar V.10 Bentuk <i>Blade Paddle Wheel</i> Yang Direncanakan.....	70
Gambar V.11 Lambung timbul awal untuk kapal tipe B	78
Gambar V.12. Tabel <i>Loadcase Window</i>	80
Gambar V.13 Menu <i>Start Analysis</i> Untuk Memulai Perhitungan	81
Gambar V.14 <i>Input</i> Data Beban Kondisi A (Kapal Kosong)	81
Gambar V.15 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi A (Kapal Kosong).....	82
Gambar V.16. Kondisi Trim Kapal Kosong	82
Gambar V.17 <i>Input</i> Data Beban Kondisi B (Kapal 25% <i>Full Load</i>).....	83
Gambar V.18 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi B (Kapal 25% <i>Full Load</i>)	83

Gambar V.19. Kondisi Trim Kapal 25% <i>Full Load</i>	83
Gambar V.20 <i>Input</i> Data Beban Kondisi C (Kapal 50% <i>Full Load</i>)	84
Gambar V.21 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi C (Kapal 50% <i>Full Load</i>)	84
Gambar V.22. Kondisi Trim Kapal 50% <i>Full Load</i>	85
Gambar V.23 <i>Input</i> Data Beban Kondisi D (Kapal 75% <i>Full Load</i>)	85
Gambar V.24 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi D (Kapal 75% <i>Full Load</i>)	86
Gambar V.25. Kondisi Trim Kapal 75% <i>Full Load</i>	86
Gambar V.26 <i>Input</i> Data Beban Kondisi E (Kapal 100% <i>Full Load</i>)	87
Gambar V.27 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi E (Kapal 100% <i>Full Load</i>)	87
Gambar V.28. Kondisi Trim Kapal 100% <i>Full Load</i>	88
Gambar V.29 <i>Input</i> Data Beban Kondisi A (Kapal Kosong)	89
Gambar V.30 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi A (Kapal Kosong)	89
Gambar V.31 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal Kosong	90
Gambar V.32 <i>Input</i> Data Beban Kondisi B (Kapal 25% <i>Full Load</i>)	90
Gambar V.33 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi B (25% <i>Full Load</i>)	91
Gambar V.34 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat 25% <i>Full Load</i>	91
Gambar V.35 <i>Input</i> Data Beban Kondisi C (Kapal 50% <i>Full Load</i>)	92
Gambar V.36 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi C (Kapal 50% <i>Full Load</i>)	92
Gambar V.37 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal 50% <i>Full Load</i>	93
Gambar V.38 <i>Input</i> Data Beban Kondisi D (Kapal 75% <i>Full Load</i>)	93
Gambar V.39 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi D (Kapal 75% <i>Full Load</i>)	94
Gambar V.40 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal 75% <i>Full Load</i>	94
Gambar V.41 <i>Input</i> Data Beban Kondisi E (Kapal 100% <i>Full Load</i>)	95
Gambar V.42 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi E (Kapal 100% <i>Full Load</i>)	95
Gambar V.43 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal 100% <i>Full Load</i>	96
Gambar V.44. Model 3D Lambung Kapal	97
Gambar V.45. Menu <i>Design Grid</i>	97
Gambar V.46. Tampilan <i>Dialog Box</i> pada <i>Design Grid</i>	97
Gambar V.47. Langkah-langkah Mengatur <i>Station</i>	98
Gambar V.48. Langkah-langkah Mengatur <i>Buttocks</i>	98
Gambar V.49. Langkah-langkah Mengatur <i>Waterlines</i>	98
Gambar V.50 Rencana Konstruksi pada <i>Profile View</i>	99
Gambar V.51 Perencanaan Tangki Bahan Bakar	100
Gambar V.52 <i>Navigation</i>	100
Gambar V.53 Lembar Kerja <i>Maxsurf Modeler Advanced</i>	101
Gambar V.54 Penambahan <i>Control Point</i>	101
Gambar V.55 Model 3D Lambung Kapal	102
Gambar V.56 Contoh Proses Penggabungan Komponen-komponen	102
Gambar V.57 Sistem Transmisi Kapal	104

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Batasan Perbandingan Ukuran Utama.....	10
Tabel IV.1 Jembatan yang Melintasi Sungai Kalimas.....	39
Tabel IV.2 Peruntukan Daerah Sempadan Sungai Kalimas Surabaya.....	43
Tabel IV.3 Penentuan <i>Dumping Area/Shelter</i> di Sungai Kalimas Surabaya	45
Tabel IV.4 Estimasi Waktu Operasional Kapal	47
Tabel V.1 Perbandingan beberapa jenis peralatan Kapal Pembersih.....	49
Tabel V.2 Karakteristik <i>Cutter</i> Kapal Pembersih Sampah dan Tumbuhan Air.....	50
Tabel V.3 Data Kondisi Sampah dan Eceng Gondok di Sungai Kalimas Surabaya	52
Tabel V.4 Detail Jumlah Sampah dan Eceng Gondok yang Harus Diangkut.....	53
Tabel V.5 Rekapitulasi Ukuran Utama Awal Kapal.....	54
Tabel V.6 Variabel Pendukung Metode 256.....	55
Tabel V.7 Hasil Rekapitulasi Ukuran Utama dari Perhitungan Optimasi 256	57
Tabel V.8 Hasil interpolasi <i>viscous resistance</i> dari faktor S/B_1 dengan L/B_1	59
Tabel V.9 Perhitungan harga $(1+\beta k)$	59
Tabel V.10 Perhitungan harga τ dengan interpolasi dari faktor S/L dan F_r	60
Tabel V.11 Hasil perhitungan C_w dengan interpolasi dari faktor L/B_1	60
Tabel V.12 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Hambatan	61
Tabel V.13 Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Horse Power</i>	62
Tabel V.14 Rekapitulasi karakteristik mesin utama yang direncanakan	64
Tabel V.15 Karakteristik untuk 2 Baterai <i>Elco E-Power Electric</i>	65
Tabel V.16 Rekapitulasi perhitungan Daya Mesin dan Peralatan.....	67
Tabel V.17 Rekapitulasi Ukuran <i>Paddle Wheel</i> yang Digunakan	69
Tabel V.18 <i>Distribution factors</i> C_F dan C_D	73
Tabel V.19 Nilai Variabel Pembebanan	73
Tabel V.20 Rekapitulasi Nilai Pembebanan P_0 dan P_{01}	73
Tabel V.21 Rekapitulasi Nilai P_B	74
Tabel V.22 Rekapitulasi Pembebanan Sisi dan Geladak	74
Tabel V.23 Nilai Variabel Tebal Pelat Alas	75
Tabel V.24 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas	75
Tabel V.25 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Sisi dan Pelat Geladak	76
Tabel V.26 Rekapitulasi berat dan titik berat komponen DWT	77
Tabel V.27 Rekapitulasi berat dan titik berat komponen LWT	77
Tabel V.28 Rekapitulasi Perhitungan Koreksi Displasemen	77
Tabel V.29 Rekapitulasi Perhitungan <i>Freeboard</i>	79
Tabel V.30 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas	96
Tabel V.31 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Pembangunan	105

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Surabaya merupakan salah satu kota terbesar kedua setelah Ibu Kota Jakarta dengan luas sekitar 350,54 km persegi dan jumlah penduduk 3.016.653 jiwa (Hastijanti, 2010). Dengan luas wilayah dan jumlah penduduk yang besar tidak heran jika Surabaya memiliki masalah kompleks yaitu sampah. Jumlah penduduk yang tinggi menyebabkan tingkat produktifitas sampah yang tinggi pula setiap harinya. Pengelolaan dan penanganan sampah yang kurang benar menimbulkan munculnya timbunan sampah di beberapa lokasi. Timbunan sampah tadi dapat terjadi di darat maupun di perairan. Selain timbunan sampah yang ada di perairan, tumbuhan air seperti eceng gondok, alga, kangkung liar, rerumputan air, dll juga dapat mengganggu kondisi perairan. Tumbuhan ini nantinya akan menghambat laju sampah yang hanyut sehingga timbunan sampah ini akan berhenti pada suatu titik. Karena setiap hari sampah yang hanyut tetap ada dan relatif bertambah, sampah tersebut lama kelamaan akan menutupi badan sungai. Badan sungai yang tertutupi oleh sampah mengakibatkan kapasitas air yang dapat ditampung oleh sungai akan berkurang, selain itu tumbuhan air tersebut juga dapat menyebabkan pendangkalan sungai.

Timbunan sampah akibat tersumbatnya aliran sungai oleh tumbuhan air mengakibatkan dampak negatif bagi warga sekitar sungai. Dampak yang ditimbulkan antara lain air sungai yang tercemar dan badan sungai yang tertutup oleh sampah. Air sungai yang seharusnya dapat digunakan oleh warga untuk keperluan sehari-hari misalnya mencuci dan mandi sekarang sudah tidak bisa dimanfaatkan lagi. Selain itu timbunan sampah tadi pastinya membawa zat-zat beracun yang berbahaya jika masuk kedalam tubuh, air tersebut bisa menyebabkan iritasi dan gatal-gatal pada kulit. Dan yang paling berbahaya jika terjadi hujan yang cukup deras, banjir pun tidak dapat dihindari.

Berdasarkan data jumlah sampah yang ada di aliran sungai Kalimas, tak dapat dipungkiri jika musim penghujan tiba Kota Surabaya dilanda banjir. Faktor utama penyebab timbulnya sampah adalah kurangnya kesadaran dari masyarakat khususnya warga Surabaya dalam membuang sampah pada tempatnya. Hal ini dibuktikan dengan sebanyak 90% sampah

yang ada di aliran sungai berasal dari sampah rumah tangga, pasar, dan perkantoran disekitar sungai, sedangkan sisanya berasal dari sampah alam berupa daun dan ranting (Adiba, 2016). Untuk mengatasi masalah ini sebenarnya pemerintah Surabaya sudah menggalakan kegiatan pembersihan sampah dan tumbuhan air di aliran sungai serta mengajak masyarakat untuk lebih peduli lingkungan dengan tidak membuang sampah di sungai namun masih terkendala dengan bagaimana cara membersihkan sampah dan tumbuhan air yang ada di aliran sungai dengan efektif dan efisien.

Oleh karena itu penulis mencoba merencanakan desain kapal kerja pembersih sampah dan pemotong tumbuhan air yang sesuai dengan karakteristik Sungai Kalimas yang memiliki berbagai macam jenis sampah.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, munculah beberapa permasalahan yang akan diselesaikan yaitu:

1. Berapakah jumlah *payload* kapal yang sesuai dengan wilayah operasional Sungai Kalimas Surabaya?
2. Berapakah ukuran utama kapal yang sesuai dengan wilayah operasional Sungai Kalimas Surabaya?
3. Bagaimana perhitungan stabilitas, *freeboard*, *trim* dan berat dari kapal kerja yang sesuai peraturan?
4. Bagaimana melakukan desain *lines plan*, *general arrangement* dan 3D model yang sesuai untuk model *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat*?
5. Bagaimana sistem operasional *loading–offloading* yang sesuai untuk *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat*?
6. Bagaimana menghitung biaya pembangunan *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat*?

I.3. Tujuan

Tujuan dari pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Memperoleh jumlah *payload* kapal yang sesuai dengan wilayah operasional Sungai Kalimas Surabaya.

2. Memperoleh ukuran utama kapal yang sesuai dengan wilayah operasional Sungai Kalimas Surabaya.
3. Melakukan perhitungan stabilitas, *freeboard*, *trim* dan berat dari *workboat* yang sesuai peraturan.
4. Melakukan desain *lines plan*, *general arrangement* dan 3D model *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat*.
5. Menentukan sistem operasional *loading–offloading* yang sesuai untuk *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat*.
6. Menghitung biaya pembangunan *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat*.

I.4. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan permasalahan yaitu:

1. Perencanaan kapal hanya sebatas *concept design*.
2. Desain yang akan dibuat adalah *lines plan*, *general arrangement* kapal dan model 3D, tidak membahas perencanaan transmisi dan *engine* secara detail.
3. Analisis ekonomis yang dibahas hanya sebatas biaya pembangunan kapal.
4. Analisis perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan stabilitas, *freeboard*, *trim* dan berat kapal, tidak membahas perencanaan konstruksi dan kekuatan memanjang kapal.

I.5. Manfaat

Dari pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Membantu pembersihan tumbuhan air dan sampah yang ada di Sungai Kalimas Surabaya.
2. Mendukung inovasi desain *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat* yang cocok agar dapat dioperasikan di seluruh sungai Indonesia.
3. Sebagai referensi bagi pemerintah untuk mempertimbangkan pembangunan *workboat* sebagai upaya menanggulangi timbunan sampah dan tumbuhan air di aliran Sungai Kalimas Surabaya.
4. Sebagai model perancangan bagi mahasiswa dengan harapan akan dikembangkan.

I.6. Hipotesis

Hipotesis yang akan diperoleh untuk mengurangi timbunan sampah dan tumbuhan air yang mengganggu di aliran Sungai Kalimas Surabaya, akan lebih efektif dan efisien jika menggunakan kapal jenis ini. Dengan memilih kapal jenis ini diharapkan dapat *applicable* dan sesuai dengan kondisi di Sungai Kalimas karena lebih ringan dan mudah dioperasikan, sehingga dalam pengerjaannya dapat lebih optimal serta tidak memakan waktu yang banyak.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

Dalam perencanaan kapal banyak sekali metode yang digunakan antara lain adalah *method of comparsion ship* (metode perbandingan) (Santosa, 1999). Metode ini sering digunakan pada galangan kapal dalam merencanakan kapal baru. Dasar pemikirannya adalah kapal yang dihasilkan akan lebih baik dari kapal sebelumnya atau paling tidak akan menyamai kapal sebelumnya yang sudah terbukti dapat berlayar dengan baik. Keuntungan dari metode ini adalah:

1. Cepat dan sederhana.
2. Resiko sedikit dan bersifat memperbaiki kekurangan (baik dari sisi teknis maupun ekonomis) dari kapal yang sudah penuh dibangun.

Namun metode ini juga memiliki beberapa kekurangan yaitu sebagai berikut:

1. Sangat tergantung dengan kapal pembanding.
2. Tidak dapat menjamin bahwa kapal pembanding mempunyai sifat teknis dan ekonomis yang optimal.
3. Terbatasnya nilai kreatifitas dari sisi perancangan.

Selain itu dalam proses mendesain kapal, digunakan pula teknik berulang yang prosesnya terangkum dalam sebuah alur melingkar yang disebut *spiral design*. Proses berulang ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah *output* desain yang maksimal dan sesuai keinginan. Didalam diagram *spiral design* terdapat 4 pembagian proses yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design* dan *detail design*. Proses desain selalu diawali dengan *design statement* (Evans, 1959).

II.1.1 Design Statement

Diperlukan penggambaran dan pendefinisian mengenai kapal yang akan dibangun. Hal ini berguna sebagai arahan untuk seorang desainer dalam menentukan pilihan rasional-rasional ketika mendesain. Adapun *design statement* terdiri dari beberapa bagian utama yaitu:

1. Tujuan atau misi dari kapal.

Penentuan tujuan atau misi kapal berguna untuk memberikan gambaran awal dalam mendesain.

2. Ukuran yang sesuai.

Setelah mengetahui tujuan pembuatan kapal, selanjutnya dilakukan proses penerjemahan baik dalam bentuk perhitungan maupun dalam bentuk gambar dengan tujuan untuk memberi alternatif pilihan desain. Dari beberapa pilihan ini akan diambil desain yang memiliki nilai paling optimal baik dari segi kekuatan maupun dari segi ekonomisnya.

3. Permintaan pemilik (*owner*).

4. Batasan desain.

II.1.2. Concept Design

Tahap ini merupakan yang paling awal dalam proses perancangan sebuah kapal. Tahap ini memberi penerjemahan *mission requirements* atau permintaan pemilik kapal kedalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain (Evans, 1959).

Pembuatan konsep desain membutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) dalam proses pencarian ukuran utama ataupun karakteristik lainnya yang bertujuan untuk memenuhi kecepatan, *range*, *endurance*, kapasitas dan *deadweight*.

Konsep desain biasa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva, ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan, biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan membandingkan beberapa kapal yang sudah ada.
2. Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama.
3. Memilih proses iteratif yang akan menghasilkan desain yang memungkinkan.
4. Membuat ukuran yang sesuai (analisis maupun subjektif) untuk desain.
5. Mengoptimasi ukuran utama.
6. Mengoptimasi detail kapal.

II.1.3. *Preliminary Design*

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan ulang yang terkait dengan *performance* kapal. Hasil dari pemeriksaan ulang diharapkan tidak banyak mengubah apa yang sudah ada di tahap desain sehingga proses desain bisa berlanjut ke tahap selanjutnya (Evans, 1959).

Hasil dalam tahap ini akan menjadi dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi di tahapan berikutnya. Adapun tahap *preliminary design* ditandai dengan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Melengkapi bentuk lambung kapal.
2. Pemeriksaan terhadap analisis *detail* struktur kapal.
3. Penyelesaian desain bagian interior kapal.
4. Perhitungan stabilitas dan hidrostatis kapal.
5. Evaluasi perhitungan tahanan, *powering* maupun *performance* kapal.
6. Perhitungan berat kapal secara *detail* dalam hubungannya dengan penentuan sarat dan trim kapal.
7. Perhitungan biaya secara menyeluruh

II.1.4. *Contract Design*

Pada tahap ini juga masih dilakukan upaya-upaya perbaikan dari hasil tahap *preliminary design* sehingga desain yang dihasilkan menjadi lebih baik, akurat dan teliti (Evans, 1959), terutama pada beberapa hal sebagai berikut:

1. *Hull form*, dengan memperbaiki *linesplan*.
2. Tenaga penggerak dengan menggunakan *model test*.
3. *Seakeeping* dan *maneuvering*.
4. Sistem propulsi (pengaruh jumlah propeller terhadap badan kapal).
5. Detail konstruksi, pemakaian jenis baja dan tipe gading.

Selain beberapa hal diatas, dilakukan juga perhitungan berat dan titik berat yang didasarkan pada posisi dan berat masing-masing item konstruksi. pembuatan *General Arrangement* secara lebih detail dibuat dalam tahap ini termasuk juga didalamnya kepastian terhadap kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar, dan ruang akomodasi.

Setelah beberapa hal diatas selesai dilakukan maka selanjutnya dibuat spesifikasi rencana standar kualitas dari bagian badan kapal beserta peralatannya. Termasuk juga didalamnya mengenai metode *function test* untuk memastikan kondisi dan *performance* kapal menyamai

atau mendekati *mission requirement* awal. Hasil akhir dari *contract design* ini ialah dokumen kontrak pembuat kapal.

II.1.5. Detail Design

Detail Design adalah tahapan terakhir dari proses mendesain sebuah kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang *detail* (Evans, 1959). Disamping itu pada *detail design* diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan *detail* konstruksi. Sehingga para pekerja dibagian produksi bisa mengerjakan pembangunan kapal dengan baik. Pada tahap ini bisa dipastikan tidak ada lagi perubahan. Meski demikian, kadangkala tetap dilakukan revisi namun dalam prosentase yang kecil sebagai akibat adanya ketidaksesuaian antara gambar dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

II.1.6. Level Design

Pada proses perencanaan, pengaturan dan pendeskripsian proses desain kapal ada perbedaan antara *level I Design (total ship) Element* dan *Level II (ship system) Element* (Harry, 2008). *Level I design* berhubungan dengan sintesa dan analisis dari atribut total kapal seperti bentuk lambung, rencana umum dan atribut total kapal yang mencakup berat serta titik beratnya.

Sedangkan pada *Level II Design*, berhubungan dengan sintesa dan analisis elemen utama kapal secara khusus yang mencakup struktur, iystem propulsi, pembangkit dan distribusi listrik, *ship control*, navigasi, sistem komunikasi, sistem mekanik, termasuk pipa HVAC (*Heating Ventilating, and Air Conditioning*), serta *outfitting*.

Hubungan antara *Level I Design* dan *Level II Design* ada pada *Output* dan hasilnya. Hasil dari *Level I Design* biasanya menjadi input untuk untuk kemudian diproses untuk mendapatkan hasil pada *Levell II Design*.

II.1.7. Metode Design Layout

Metode *Design Layout* adalah metode mendesain yang memperhatikan tata letak elemen-elemen desain terhadap suatu bidang dalam media tertentu untuk mendukung konsep yang dibawanya (Suriyanto, 2008). *Layout* adalah konsep pengauran tenaga kerja, ruang yang tersedia, fasilitas, dan peralatan yang dipergunakan agar sesuai kegiatan atau tujuan berjalan efektif dan efisien. *Layout* merupakan salah satu keputusan yang menentukan efisensi operasional dalam hal ini kapal.

II.1.8. Metode 256

Metode ini biasa dipakai untuk mendapatkan satu ukuran utama yang optimum berdasarkan suatu faktor yang ditinjau berupa variabel, *constrain* dan *objective function*. Variabel dalam perhitungan optimasi 256 ini antara lain L, B, T, dan H. Sedangkan *constrain* (batasan) pada perhitungan optimasi 256 ini adalah nilai *Froude Number* (F_r), L/B, B/T, T/H, *freeboard*, *trim* dan stabilitas serta koreksi *displacement* yang sudah memenuhi kriteria yang disyaratkan. Selain itu *objective function* pada perhitungan optimasi 256 ini adalah biaya pembangunan yang paling ekonomis. Setelah data-data tersebut tersedia, langkah selanjutnya adalah mengoptimasi ukuran utama awal dengan persentase 1,667% dan 5% batas atas dan batas bawah, sehingga nantinya akan didapatkan sebanyak 256 data ukuran utama. Dengan melalui tahap-tahap perhitungan teknis, satu dari sekian banyak data ukuran utama tersebut akan dipilih berdasarkan batasan-batasan yang telah memenuhi kriteria dan harga kapal yang paling ekonomis.

II.1.9. Kapal Kerja

Kapal kerja *skimmer* merupakan kapal khusus yang berfungsi khusus untuk daerah tertentu sehingga desain untuk masing-masing kapal memiliki karakteristik yang berbeda sesuai lokasi pelayaran dan tujuan pembuatan kapal (Pramoko, 2013).

Sedangkan *Aquatic Weed and Trash Skimmer boat* merupakan kapal yang dilengkapi *conveyor belt* yang mempunyai fungsi untuk mengumpulkan sampah yang terapung di permukaan air. Pada sisi haluan terdapat lengan yang bisa ditutup atau dibuka yang digerakan dengan sistem hidrolik, ujung lengan ini dipasang alat pemotong atau *cutter* yang berfungsi untuk memotong tumbuhan air seperti enceng gondok, dll. Selanjutnya tumbuhan yang berhasil dan sampah yang berhasil dikumpulkan akan terangkut oleh *conveyor belt* menuju ke dalam bak penampung. Sampah dan tumbuhan ini nantinya akan diangkut menuju truk penampung yang terletak di darat untuk proses pengolahan lebih lanjut.

II.1.10. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Hal yang paling penting untuk diketahui oleh seorang desainer atau perancang ialah *owner requirements*. *Owner requirements* merupakan ukuran-ukuran atau variabel tertentu yang diinginkan dan telah ditentukan oleh pemilik atau pemesan kapal. Tidak semua ukuran kapal ditentukan oleh pemesan, biasanya pemesan hanya menyerahkan jenis kapal, beserta

muatan serta jenis muatan (*payload*) yang dapat diangkut kapal, rute pelayaran, radius pelayaran, kecepatan kapal, dan kelas yang diinginkan. Berikut merupakan ukuran-ukuran utama sebuah kapal:

- a) L_{pp} (*Length between perpendicular*) yaitu panjang kapal yang diukur antara garis tegak vertikal di buritan (*after perpendicular*) dan garis tegak vertikal di haluan (*fore perpendicular*).
- b) L_{oa} (*Length Overall*) yaitu panjang keseluruhan kapal yang diukur secara horizontal dari titik depan terluar hingga titik belakang terluar kapal.
- c) B_m (*Breadth Moulded*) yaitu lebar terbesar diukur dari bidang tengah kapal. Untuk kapal baja dan logam lainnya, *breadth moulded* diukur tanpa kulit, sedangkan untuk kapal kayu atau berbahan non-logam diukur dari jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.
- d) H (*Height*) yaitu jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal dari atas lunas hingga sisi atas geladak disisi kapal.
- e) T (*draught*) yaitu jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas hingga ke permukaan air

Ukuran utama yang diperoleh akan digunakan sebagai ukuran utama awal dalam perhitungan teknis. *Initial hull dimension* dapat berubah jika hasil perhitungan teknis yang dilakukan tidak memenuhi regulasi yang berlaku. Sedangkan rentang rasio yang digunakan mengacu pada (Insel, 1992) seperti pada Tabel II.1:

Tabel II.1 Batasan Perbandingan Ukuran Utama

Parameter	Range Ratio
L/B_1	$6 < L/B_1 < 11$
B/H	$0.7 < B/H < 4.1$
S/L	$0.2 < S/L < 0.5$
S/B_1	$1 < S/B_1 < 4$
B_1/T	$1 < B_1/T < 3$
B_1/B	$0.15 < B_1/B < 0.3$
C_b	$0.36 < C_b < 0.59$

Sumber: Papper M. Insel and A. F. Molland

II.1.11. Main Coefficient

Komponen-komponen berikutnya setelah didapatkan ukuran utama awal kapal adalah *main coefficient* yang meliputi *Froude Number* (F_r), *Block Coefficient* (C_b), *Prismatic Coefficient* (C_p), *Midship Coefficient* (C_m), dan *Waterplane Coefficient* (C_{wp}). Berikut penjelasan masing-masing komponen tersebut:

1. *Froude Number* (F_r)

Angka *Froude* merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. Angka *Froude* dapat mendefinisikan kapal mana saja yang termasuk kapal lambat, kapal sedang, ataupun kapal cepat tergantung unsur-unsur yang dijelaskan di atas.

Formula *Froude Number* menurut (Lewis, 1988):

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \times Lwl}} \quad (2.1)$$

2. *Block Coefficient* (C_b)

Koefisien blok adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup terhadap volume balok yang menyelubunginya badan kapal yang tercelup.

$$C_b = \frac{\nabla}{Lwl \times B \times T} \quad (2.2)$$

3. *Prismatic Coefficient* (C_p)

Koefisien prismatic adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup dengan volume prisma dengan penampang sebesar gading terbesar dan panjang.

$$C_p = \frac{\nabla}{Lwl \times Am} \quad (2.3)$$

4. *Midship Coefficient* (C_m)

Koefisien *midship* adalah perbandingan antara luasan gading terbesar dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_m = \frac{Am}{B \times T} \quad (2.4)$$

5. *Waterplane Coefficient* (C_{wp})

Koefisien bidang air merupakan perbandingan antara luasan bidang air dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_{wp} = \frac{Awp}{Lwl \times B} \quad (2.5)$$

II.1.12. Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang sesuai dan dibutuhkan oleh kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh pemilik kapal sesuai *owner requirement*. Menurut (Insel,

1992), hambatan kapal dipengaruhi oleh besarnya nilai WSA kapal, dan koefisien hambatan total kapal.

Komponen hambatan yang dialami oleh kapal berlambung katamaran lebih kompleks dikarenakan adanya efek interferensi antar kedua lambungnya, yaitu:

1. *Viscous interference resistance* (interferensi viskositas)

Adalah aliran di sepanjang *demihull* simetris berbentuk tidak simetris akibat pengaruh keberadaan *demihull*.

2. *Wave making interference resistance* (interferensi gelombang)

Adalah hasil dari buah lambung yang bergerak sejajar, efek interferensi pada hambatan gelombang akan sangat berpengaruh.

Hambatan total pada katamaran harus dikalikan dua, mengingat katamaran memiliki dua lambung yang identik.

II.1.13. Perhitungan Propulsi dan *Powering*

Untuk memilih mesin induk yang akan digunakan pada suatu kapal, maka dibutuhkan perkiraan daya motor induk yang mampu mencakup seluruh kebutuhan kapal sehingga kapal dapat beroperasi dengan baik. Setelah daya motor induk dihitung selanjutnya adalah memilih motor induk yang ada di katalog motor induk dengan kapasitas daya sama atau diatas daya yang telah dihitung

II.1.14. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari dua komponen yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). Komponen DWT meliputi berat bahan bakar mesin genset ($W_{fo\&genset}$), berat kru dan barang bawaannya (W_{ca}), dan berat muatan bersih (*payload*). *Payload* kapal ini adalah jumlah sampah dan tumbuhan air yang dapat ditampung. Sedangkan LWT (*Light Weight Tonnage*) meliputi berat lambung kapal, berat geladak kapal, berat ruang navigasi, berat konstruksi lambung, berat *equipment and outfitting*, dan berat permesinan (W_m).

- a) Menghitung LWT

Komponen yang akan dihitung dalam LWT ini adalah berat baja/material dan perlengkapan serta permesinan.

1. Berat Baja Kapal

Dalam perhitungan berat baja kapal, ada dua metode umum yang sering digunakan yaitu metode perhitungan langsung pos per pos dan metode

perhitungan dengan menggunakan formula pendekatan. Adapun dalam Tugas Akhir ini, penulis memilih menggunakan perhitungan pos per pos berdasarkan komponen yang ada di kapal untuk perhitungan berat baja kapal (Watson, 1998).

2. Perhitungan berat permesinan

Perhitungan berat permesinan berdasarakan spesifikasi teknis dari katalog mesin yang sudah ada dipasaran.

b) Menghitung DWT

Komponen DWT yang dihitung berupa *payload*, bahan bakar, minyak pelumas dan *crew provision*.

1. Perhitungan Berat Bahan Bakar

Untuk perhitungan berat bahan bakar tergantung tingkat konsumsi bahan bakar dari mesin itu sendiri. Besarnya tingkat konsumsi diberikan pada spesifikasi mesin yang sudah ditentukan. Sebelum menghitung berat bahan bakar ditentukan terlebih dahulu jumlah mesin, *power* dan lama operasi.

2. Perhitungan Minyak Pelumas

Perhitungan minyak pelumas tergantung dari berat bahan bakar dari kapal itu sendiri. Untuk mencari berat minyak pelumas dapat menggunakan persamaan dibawah ini (Poehl, 1982):

$$P_{lo} = (0.001-0.003) \times P_{fo} \quad (2.6)$$

Dimana:

$$P_{lo} = \text{Berat Minyak Pelumas} \quad [\text{Ton}]$$

$$P_{fo} = \text{Berat Bahan Bakar} \quad [\text{Ton}]$$

II.1.15. Perhitungan Trim Kapal

Trim dapat didefinisikan sebagai kondisi kapal yang tidak *even keel*. *Trim* terjadi sebagai akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. *Trim* dibedakan menjadi dua, yaitu *trim* haluan dan *trim* buritan. *Trim* haluan terjadi apabila sarat haluan lebih tinggi dari pada sarat buritan. Begitu juga sebaliknya untuk *trim* buritan. (Parson, 2003) menyebutkan batasan *trim* yang digunakan untuk perhitungan ditentukan sebesar $\leq 0.005\%$.

$$\text{Trim} = T_a - T_f = ((LCG - LCB)L) / GM_L \quad (2.7)$$

Besarnya *trim* yang terjadi pada kapal sangat dipengaruhi oleh berat dan titik berat seluruh komponen yang ada diatas kapal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengaturan posisi

komponen yang memiliki berat diatas kapal sehingga *trim* yang dihasilkan sekecil mungkin bahkan kalau bisa tidak terjadi trim sama sekali (*even keel*).

II.1.16. Perhitungan *Freeboard*

Freeboard adalah hasil pengurangan tinggi kapal dengan sarat kapal dimana tinggi kapal termasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas.

Perhitungan *freeboard* tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines (ICLL)* 1966, karena dalam hal ini kapal yang digunakan adalah kapal katamaran sehingga mengacu pada *Non-Convention Vessel Standard (NCVS)*.

II.1.17. Perhitungan Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal sebagai berikut:

1. Titik G (*grafity*) yaitu titik berat kapal.
2. Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
3. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

Keseimbangan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatik yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal.

Dalam perhitungan stabilitas, penulis menggunakan kriteria stabilitas *Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11, Section 3.7*. Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standar keselamatan atau *safety of life at sea* (SOLAS) atau International Maritime Organization (IMO).

Batasan-batasan yang harus dipenuhi antara lain adalah sebagai berikut:

1. Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$, maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085 \text{ m.rad}$.
2. Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$, maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad.

3. Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari : $A = 0,055 + 0,002 (300 - \theta \text{ GZ Max})$ meter.radian.
4. Lengan pengembali GZ pada $\theta=30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.20 m
5. Tinggi titik metasenter awal (GM) tidak boleh kurang dari 0.35m

Untuk kapal katamaran, khususnya *cruising catamaran* memiliki lengan stabilitas statis maksimum yang lebih besar jika dibandingkan dengan *monohul* pada umumnya. *Cruising catamaran* mencapai lengan statis maksimum pada sudut sekitar 12.5° , dan ketika berlayar lebih stabil dari pada *monohull* (Tarjan, 2008).

II.2. Tinjauan Pustaka

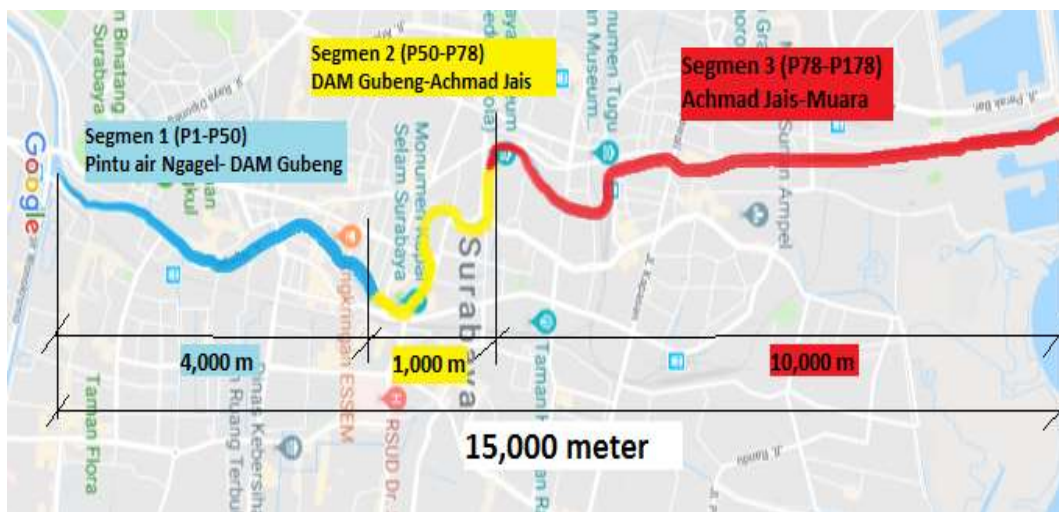
II.2.1. Sungai Kalimas Surabaya

Surabaya merupakan salah satu kota terbesar kedua setelah Ibu Kota Jakarta dengan luas sekitar 350,54 km persegi dan jumlah penduduk 3.016.653 jiwa. Menjadi Ibu Kota dari Provinsi Jawa Timur, Surabaya merupakan pusat sentral industri yang memiliki peran penting dalam kemajuan wilayah khususnya Jawa Timur. Pada tahun 1612-1625, Surabaya sudah menjadi bandar perdagangan yang sangat ramai. Surabaya menjadi suatu pelabuhan transit dan tempat penimbunan barang-barang dari daerah lain. Letak Surabaya yang strategis ini mengakibatkan bangsa-bangsa yang gemar berlayar dari Timur dan Barat bertemu. Sejak dulu Sungai Kalimas menjadi *working space* (ruang kerja), *marketing space* (ruang pemasaran), dan *transport line* (jalur transportasi) bagi Kota Surabaya. Seiring dengan perkembangan Kota Surabaya yang demikian pesat, kondisi kawasan sekitar Sungai Kalimas menunjukkan gejala dan mengalami penurunan produktifitas diakibatkan oleh menurunnya nilai properti, kondisi fasilitas dan insfratuktur yang kurang memadai, serta kondisi wilayah dan sosial ekonomi yang tidak terintegrasi dengan kawasan lainnya.

Saat ini beberapa program tengah dikembangkan oleh pemerintah Kota Surabaya untuk meningkatkan pengelolaan Sungai Kalimas. Program-program tersebut dilakukan sesuai dengan arahan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya. Pada RTRW Kota Surabaya direncanakan akan dilakukan pengembangan angkutan sungai dalam kota sebagai angkutan umum dan angkutan pariwisata yang dilengkapi dengan dermaga pada pusat-pusat pelayanan di Sungai Kalimas dan Sungai Wonokromo pelaksanaan RTRW Kota Surabaya didukung oleh Visi pembangunan Kota Surabaya yaitu “Surabaya Cerdas dan Peduli”. Hal ini

untuk mewujudkan struktur pemerintahan dan kemasyarakatan yang demokratis, bermartabat dalam tatanan lingkungan yang sehat dan manusiawi (Hastijanti, 2010)

Pada Gambar II.1 Sungai utama yang berada di Kota Surabaya berasal dari Sungai Brantas yang mengalir melalui Kota Mojekerto. Di kota ini Sungai Brantas terbagi menjadi dua, yakni Sungai Porong dan Sungai Surabaya yang dimensinya lebih kecil. Di Wonokromo, Sungai Surabaya terpecah menjadi dua anak sungai, yaitu Sungai Kalimas dan Sungai Wonokromo. Sungai Kalimas mengalir ke arah pantai utara melewati tengah kota, sedangkan Sungai Wonokromo ke arah pantai timur dan bermuara di selat Madura.

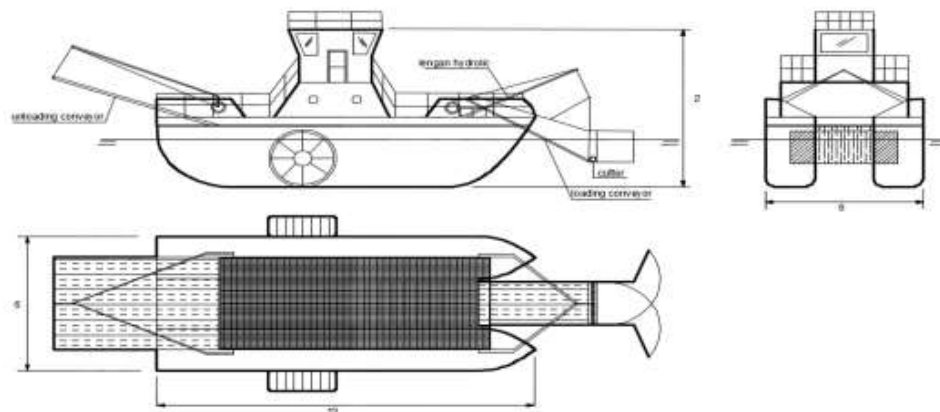


(Sumber: Google Maps, 2017)

Gambar II.1 Sungai Kalimas Surabaya

II.2.2. *Layout Awal*

Adapun *layout awal* dari desain konsep *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat* seperti pada Gambar II.2 dengan bagian-bagian yang menunjang desain. Desain konsep ini dilengkapi *conveyor belt* dibagian haluan dimana ujung lengannya diberi alat pemotong. *Conveyor belt* ini kemudian menyambung ke bagian *deck* sebagai ruang muat, dan menyambung lagi di bagian buritan yang berfungsi untuk menyalurkan muatan sampah ke truk atau tempat penampungan yang sudah disiapkan. Rancangan dari kapal ini nantinya menggunakan sistem penggerak *paddle wheel* di bagian samping (*side wheel*). Untuk bagian depan diberi alat pemotong (*cutter*) yang berfungsi untuk memotong tumbuhan air yang nantinya akan langsung di simpan ke ruang muat menggunakan *conveyor belt*.



Gambar II.2 *Layout Awal Desain Konsep Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat*

II.2.3. Kapal Kerja Skimmer

Kapal kerja *skimmer* merupakan kapal khusus yang fungsi dan kerjanya khusus untuk daerah tertentu sehingga desain untuk masing-masing kapal memiliki karakteristik yang berbeda sesuai lokasi pelayaran dan tujuan pembuatan kapal (Pramoko, 2013). Contoh-contoh dari kapal jenis ini antara lain *Oil Skimmer Boat*, *Weed Harvester Skimmer Boat*, *Trash Skimmer Boat*, dan *Trash Hunter Boat (Bucket)*.

II.2.3.1. *Oil Skimmer Boat*

Kapal kerja jenis ini dilengkapi dengan *conveyor belt* yang diberi alat semacam *sponge* untuk menyerap tumpahan minyak di pelabuhan maupun dikawasan perairan tempat terjadinya kecelakaan yang mengakibatkan adanya tumpahan minyak. Pada Gambar II.3 terlihat *oil skimmer* sedang beroperasi melakukan pembersihan tumpahan minyak di laut. Lambung kapal ini biasanya diberi bak penampung minyak yang nantinya akan dibawa ke dermaga penampungan untuk dipindahkan. Peralatan yang digunakan kapal jenis ini antara lain adalah *sponge*, pompa, dan bak penampung. *Sponge* digunakan untuk menyerap minyak yang tumpah di perairan, lalu pompa digunakan untuk memompa minyak tadi yang tidak terserap oleh *sponge*. Minyak yang sudah diserap dan dipompa nantinya akan langsung masuk kedalam bak penampungan.



(Sumber: <http://www.nola.com/news/gulf-oil-spill>, 2017)

Gambar II.3 *Oil Skimmer Boat* Membersihkan Minyak di Tengah Laut

II.2.3.2. *Weed Harvester Skimmer Boat*

Kapal kerja jenis ini berfungsi untuk memotong tumbuhan yang tumbuh di danau ataupun sungai. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya pendangkalan pada perairan tersebut sekaligus untuk membersihkan jalur pelayaran. Karena itulah kapal jenis ini dilengkapi dengan *conveyor belt* dimana ujung lengannya diberi alat pemotong. Pada Gambar II.4, *Weed Harvester Boat* sedang melakukan pembersihan tumbuhan seperti ganggang dan eceng gondok. Setelah tumbuhan tersebut terpotong kemudian akan langsung terangkut oleh *conveyor belt* menuju bak penampung di atas geladak kapal. Kapal ini biasanya menggunakan lambung pontoon dan menggunakan mesin *single diesel engine* yang menyuplai kebutuhan propulsi, kelistrikan dan peralatan hidrolik. Untuk melakukan fungsinya yang maksimal, kapal ini harus memiliki olah gerak yang baik, oleh karena itu digunakan *propeller* yang dapat berotasi 360° untuk mempermudah bermanuver. Peralatan kerja yang ditopang oleh lengan hidrolik adalah pisau potong, *front conveyer*, propulsi, *steering of the boat* (Pramoko, 2013)



(Sumber: <https://www.ausenviro.com/aquatic-harvesting-solutions>, 2017)

Gambar II.4 *Weed Harvester Boat* Pembersih Tanaman Air

II.2.3.3. *Trash Skimmer Boat*

Trash Skimmer Boat merupakan kapal kerja jenis *pontoon* dengan lambung katamaran. Kapal jenis ini dilengkapi *conveyor belt* yang dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan. *Conveyor belt* tersebut mempunyai fungsi untuk mengumpulkan sampah yang mengapung di permukaan air sungai dan bak penampung itu sendiri berfungsi untuk menampung sampah yang telah dikumpulkan. Pengumpulan sampah dilakukan melalui sisi haluan kapal. Pada sisi haluan kapal yang berfungsi sebagai pintu masuknya sampah terdapat lengan yang dapat digerakkan sesuai keinginan. Lengan tersebut digerakkan dengan sistem hidrolik.

Gambar II.5 merupakan *Trash Skimmer Boat* yang dibuat baru-baru ini sudah dilengkapi dengan lengan yang diberi *conveyor belt* dengan tenaga hidrolik. *Trash Skimmer* jenis ini mampu bekerja lebih cepat dalam membersihkan sampah dan juga bisa menampung lebih banyak sampah karena ukuran bak penampung lebih besar. Beberapa tempat di dunia yang telah menggunakan *trash skimmer boat* antara lain Washington, D.C., New York, Chicago dll (Pramoko, 2013)



(Sumber: <http://www.mudcatdredge.com/trash-skimmer-vessels>, 2017)

Gambar II.5 *Trash Skimmer Boat* Saat Beroperasi

II.2.3.4. *Trash Hunter Boat (Bucket)*

Kapal kerja jenis ini memiliki *bucket* yang dipasang pada salah satu sisinya, yaitu di sisi haluan yang berfungsi untuk melakukan pengerukan, perataan tanggul sungai, serta mengambil dan mengangkut sampah-sampah berukuran besar menuju ke bak penampungan yang tersedia. Di bagian *maindeck* biasanya difungsikan sebagai tempat penyimpanan sementara atau juga bisa langsung di tempatkan ke bak pembuangan yang sudah disiapkan seperti pada Gambar II.6 berikut:



(Sumber: <http://www.lowtechmagazine.com/fighting-marine>, 2017)

Gambar II.6 *Trash Hunter Boat (Bucket)*

II.2.4. Katamaran

Katamaran merupakan kapal yang mempunyai dua lambung atau badan yang dihubungkan oleh geladak (*bridging platform*) ditengahnya. *Bridging platform* ini bebas dari permukaan air sehingga *slamming* dan *deck wetness* kapal dapat dikurangi. Penentuan ketinggian struktur bagian atas dari permukaan air merupakan fungsi dari tinggi gelombang rute pelayaran yang dilalui. Kombinasi luas geladak yang besar dan berat kapal kosong yang rendah membuat kapal katamaran dapat diandalkan untuk transportasi muatan antar kota maupun pariwisata (Insel, 1992). Seperti pada Gambar II.7 karakter tahanan di air tenang tipe katamaran lebih besar dibandingkan dengan kapal *monohull*. Dominasi tahanan gesek mencapai 40% dari tahanan total pada kecepatan rendah. Penurunan kecepatan akibat kondisi gelombang tinggi tidak dijumpai pada kasus katamaran. Kapal tipe ini dapat dioperasikan pada kecepatan relative tinggi dan masih mempunyai konsumsi bahan bakar yang dapat diterima secara ekonomis.

Bentuk badan kapal harus dipilih berdasarkan metode yang tepat sehingga hasilnya akan didapatkan yang maksimal. Kapal katamaran dengan geladak yang lebih besar adalah salah satu contoh konsep rancangan yang berhasil dalam mengatasi efek gerakan oleng. Dimana gerakan oleng tersebut merupakan kelemahan utama kapal-kapal konvensional atau *monohull* (Arianto, 2015).

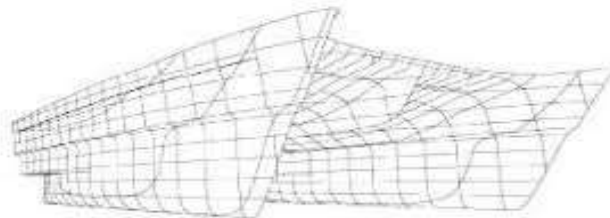
Katamaran memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan kapal monohull, diantaranya sebagai berikut:

1. Kapal dengan lebar yang sama, tahanan gesek yang dihasilkan kapal katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama, kecepatan yang dihasilkan relatif lebih besar.

2. Luas geladak dari katamaran lebih luas dibandingkan dengan luas geladak kapal *monohull*.
3. Stabilitas kapal lebih baik sehingga tingkat keamanan lebih tinggi.
4. Sudut oleng yang relatif rendah (0° - 8°) sehingga meningkatkan rasa nyaman dan tidak mudah terkena mabuk laut (*seadickness*).
5. Dengan tahanan yang kecil, maka biaya operasional menjadi kecil.
6. Tidak perlu menggunakan ballast untuk menjaga stabilitas kapal.

Selain itu katamaran juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya sebagai berikut:

1. Teori dan standarisasi baik ukuran utama maupun perhitungan struktur masih minim karena merupakan teknologi baru.
2. Teknik pembuatan yang agak lebih rumit sehingga membutuhkan ketrampilan yang khusus.
3. Dengan memiliki dua lambung, maka kemampuan manuvering kurang baik jika dibandingkan dengan kapal *monohul* (Chrismianto, 2014).



(Sumber: <https://www.boatdesign./unusual-catamaran-hullshape>, 2017)

Gambar II.7 Bentuk Kapal yang Menggunakan *Hull Catamaran*

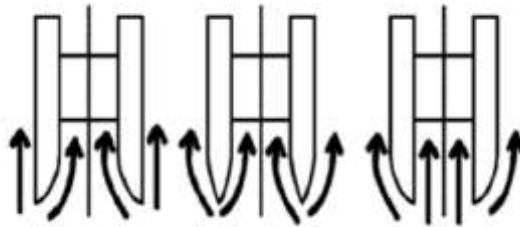
II.2.4.1. Jenis Lambung Katamaran

Terdapat banyak jenis lambung katamaran, secara umum katamaran dibedakan menjadi tiga bentuk dasar yaitu:

1. Asimetris dengan bagian dalam lurus.
2. Asimetris dengan bagian luar lurus.
3. Simetris.

Pada Gambar II.8 menunjukkan improvisasi aliran air yang akan melewati beberapa macam jenis lambung katamaran, mulai dari jenis simetris dengan bagian dalam lurus yang

tampak pada gambar paling kanan, jenis simetris pada gambar tengah, dan asimetris dengan bagian luar lurus yang tampak pada bagian paling kiri (Chrismianto, 2014).



(Sumber: Chrismianto, D 2014)

Gambar II.8 Improvisasi Aliran Fluida Pada Katamaran

a. Katamaran Asimetris

Pada bentuk badan kapal asimetris, lambung yang berbentuk lurus akan mengalami perubahan tekanan yang drastis, berbeda dengan lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan aliran akan berkurang dengan terdistribusinya aliran air mengikuti kelengkungan bentuk ujung depan. Desain *demihull* yang asimetris bertujuan untuk mengurangi tahanan total dengan cara menghilangkan efek interferensi dan semburan gelombang air pada daerah diantara *demihull*.

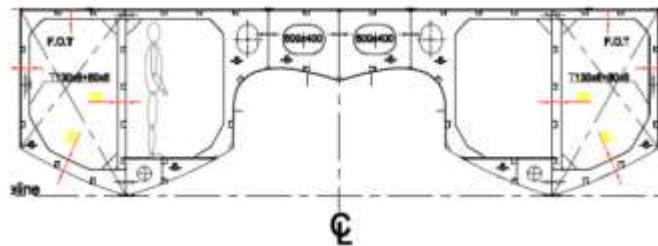
b. Katamaran Simetris

Dengan kedua lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan katamaran asimetris sehingga tekanan pada penyangga relatif lebih kecil. Selain itu olah gerak kapal juga relatif lebih baik jika dibandingkan dengan katamaran asimetris. Keunggulan lain dari katamaran simetris adalah hambatan total yang lebih kecil (Adiba, 2016).

II.2.4.2. Bentuk Lambung Katamaran

Bentuk lambung katamaran dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu *Round bilge*, *Hard Chine*, dan *Wave piercer*. Rencananya kapal kerja jenis ini akan didesain menggunakan bentuk lambung katamaran *round bilge*. Seperti tampak pada Gambar II.9 bentuk lambung *round bilge* umumnya memiliki bentuk yang lebih *smooth* apabila dibandingkan dengan *hard chine*, akan tetapi membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama. *Round bilge* akan menghasilkan gaya angkat yang lebih besar pada saat kecepatan tinggi. Akan tetapi pada tahap desainnya lambung bentuk ini memerlukan ketelitian yang tinggi karena apabila didesain dengan kurang baik akan menghasilkan *trim* dan akan menambah hambatan kapal. Sedangkan

untuk bentuk lambung *wave piercer* umumnya digunakan untuk kapal yang membutuhkan kecepatan tinggi dengan stabilitas yang baik. Kelebihan dari tipe ini adalah menghasilkan kondisi air dibawah permukaan yang lebih stabil dan mempunyai kualitas hidrodinamika yang lebih baik (Nadiyas, 2017).



(Sumber: Nadiyas, 2017)

Gambar II.9 *Detail Konstruksi Bentuk Lambung Rounded Bilge Pada Katamaran*

II.2.5. *Paddle Wheel*

Paddle wheel adalah sebuah bentuk dari kincir air dimana terdapat sejumlah dayung pada sepanjang pinggiran roda. Pemanfaatan *paddle wheel* antara lain sebagai pompa daya rendah (*very-low water pumping*), sebagai propulsi pada perahu atau kapal dan juga sebagai *aerator*. *Paddle wheel* pada kapal sangat tepat digunakan pada perairan dangkal (*shallow water*) karena menggunakan prinsip kerja kincir air yaitu tidak seluruh *blades* atau dayungnya tercelup air, tetapi hanya sebagian dari *blades* saja yang tercelup air (Primaningtyas, 2015)



(Sumber: <https://aquariussystems.com/aquatic-weed-harvesting>, 2017)

Gambar II.10 Kapal yang Menggunakan Sistem Penggerak *Paddle Wheel*

Seperti pada Gambar II.10 kelebihan *paddle wheel* sebagai tenaga penggerak yaitu menyediakan daya yang cukup dan konsumsi daya yang rendah dibandingkan dengan teknologi penggerak lainnya. Perawatan *paddle wheel* mudah karena mekanismenya sederhana, selain itu kapal dengan penggerak *paddle wheel* ini membutuhkan rancangan yang lebih kecil dibanding kapal biasa dan cocok untuk kapal yang membutuhkan manuver tinggi. Ada 2

pengaplikasian roda dayung, pertama diletakkan di samping atau di belakang kapal. Roda dayung yang diletakkan di samping (*side wheelers*) ini mempunyai kelebihan pada manuver kapal. *Side wheelers* ini sangat cocok digunakan pada sungai sempit yang berkelok-kelok. Cara kerjanya adalah dengan memindahkan *paddle* dengan kecepatan yang berbeda dan arah yang berlawanan.

Sedangkan kelemahan dari kapal yang menggunakan *paddle wheel* ini ialah terletak pada adanya penambahan/perubahan lebar kapal sebagai konsekuensi terhadap penempatan kedua roda pedal di sisi sebelah kiri dan kanan dari badan kapal. Selain itu keberadaan instalasi roda pedal adalah relatif berat bila dibandingkan dengan *screw propeller*. Sehingga secara umum aplikasi roda pedal membawa konsekuensi terhadap berat instalasi motor penggerak kapal. Kemudian *paddle wheel* ini juga rentan terhadap gerakan *rolling*, yang mana akan menyebabkan ketidak-seimbangan momentum gerak yang dihasilkan. Kondisi ini akan mengakibatkan gaya dorong menjadi tidak seragam antara roda kiri dan kanan kapal, sehingga laju gerak kapal berubah menjadi *zig-zag* (Primaningtyas, 2015).

Paddle wheel dipasang dikiri dan dikanan kapal atau juga ada yang terletak dibagian buritan kapal dan gerak putarnya dibantu oleh mesin. Umumnya digunakan di daerah yang mempunyai perairan tenang misalnya di danau, sungai dan sebagainya.

II.3. Proses Pembersihan Sampah dan Tumbuhan Air

Proses pengumpulan sampah dan tumbuhan air di kawasan perairan ini merupakan upaya untuk membersihkan kawasan perairan yang terdampak dari pencemaran khususnya sampah dan tumbuhan air. Proses yang umum dilakukan adalah dengan pengangkutan sampah dan tumbuhan air yang mengapung dipermukaan secara manual kemudian akan diolah lebih lanjut.

II.3.1. Tujuan Pembersihan Sampah dan Tumbuhan Air

Tujuan pembersihan sampah dan tumbuhan air di kawasan perairan ini ialah sebagai berikut:

1. Mengurangi pendangkalan.

Akibat dari pendangkalan kawasan perairan bisa bermacam-macam. Pada daerah wisata air misalnya mengakibatkan kapal kapal wisata tidak lagi bisa melintasi dan beroperasi

2. Pengendalian pencemaran sungai, laut, kanal dan sebagainya.

Sampah dan tumbuhan air seperti enceng gondok yang tersumbat akan menutupi sebagian permukaan sungai yang mengakibatkan berkurangnya fungsi sungai dan keindahan sungai serta sampah yang terbawa aliran sungai dan memasuki kawasan laut akan menyebabkan pencemaran lingkungan yang mengakibatkan lebih banyak masalah lagi seperti rusaknya populasi ikan dan terumbu karang sehingga mengakibatkan turunnya nilai ekonomi masyarakat khususnya nelayan disekitar kawasan tersebut.

3. Pengendalian banjir

Desain dari kapal kerja ini nantinya juga dapat diterapkan pada sungai-sungai di kota lain yang memiliki permasalahan yang sama agar nanti saat musim penghujan tiba banjir di kota-kota besar dapat segera teratasi. Hal ini tentunya sangat bermanfaat untuk mencegah penyumbatan dan penumpukan serta pendangkalan yang sering menjadi penyebab banjir di kota-kota Indonesia.

II.3.2. Jenis-Jenis Sampah dan Tumbuhan Air yang Dibersihkan

Aliran sungai yang melewati daerah padat pemukiman memperbesar potensi pencemaran aliran sungai oleh sampah organik maupun non organik. Jenis dan ukuran sampah yang terdapat di daerah aliran sungai memiliki pengaruh secara langsung pada desain kapal dan peralatan yang akan digunakan, sehingga pengoperasian kapal akan memiliki tingkat efektivitas yang cukup tinggi. Dalam hal ini tingkat efektivitas kapal di nilai dari kecepatan pengambilan sampah dan kapasitas sampah yang dapat ditampung oleh kapal. Oleh karena itu diperlukan data ukuran dan jenis sampah yang akan digunakan untuk merumuskan spesifikasi desain kapal yang akan dibuat.

Secara umum berdasarkan jenisnya sampah yang terdapat di aliran sungai dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu sampah organik (daun, kulit buah, sayuran, batang pohon, ranting dll) dan sampah non organik (botol, plastik, gelas, ban bekas, sandal, sepatu bekas, plastik pembungkus makanan, dll). Persentase sampah ini meliputi 54% plastik, 24% kayu dan ranting, 14% botol kaca/gelas, kain dan gabus, 8% tumbuhan air dan daun, sedangkan jenis tumbuhan air disini yaitu berupa tumbuhan enceng gondok. Sampah yang banyak terdapat di aliran sungai sebagian besar merupakan sampah dengan ukuran kecil, yaitu berkisar dari 0 cm sampai 30 cm tetapi dalam jumlah yang besar sehingga dapat memampatkan dan menutupi aliran sungai. Selain di atas pembagian sampah yang terdapat di aliran Sungai Kalimas dibedakan lagi menjadi beberapa jenis berdasarkan sifat sampah tersebut di dalam air, yaitu:

1. Sampah yang terapung di atas permukaan air

2. Sampah yang melayang di antara dasar dan permukaan sungai

Sampah dan tumbuhan air yang ada di permukaan dan yang melayang ini nantinya akan dibersihkan dengan cara diangkut menggunakan kapal kerja untuk dibawa ke tempat pengolahan selanjutnya. Dari jenis dan sifat sampah ini nantinya dapat menentukan desain kapal kerja serta desain alat bongkar muatnya agar kapal kerja dapat bekerja secara optimal.

II.4. Sistem Operasional *Loading-Offloading*

Aquatic Weed and Trash Skimmer boat merupakan kapal yang dilengkapi *conveyor belt* yang saling berhubungan dari mulai haluan sampai buritan kapal serta dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan menggunakan lengan hidrolik. Diujung *loading conveyor* bagian haluan nantinya akan dipasang alat pemotong atau *cutter* yang fungsinya untuk memotong tumbuhan air seperti eceng gondok, kangkung air, ganggang air, dll.

Agar dapat melakukan pembersihan sampah dan tumbuhan air dengan mudah, digunakan 3 buah *conveyor belt* yaitu *loading conveyor*, *storage conveyor*, dan *offloading conveyor*.

1. *Loading conveyor* terletak di haluan kapal dan berfungsi untuk menangkap sampah dan tumbuhan air yang ada di depan kapal. Sampah dan tumbuhan air yang berhasil ditangkap oleh *loading conveyor* kemudian akan diteruskan menuju ke bak penampungan.
2. Di dasar bak penampung terdapat *storage conveyor*. *Conveyor* ini berfungsi untuk mempermudah keluarnya sampah dan tumbuhan air ketika proses *offloading*.
3. *Conveyor* terakhir adalah *offloading conveyor*. *Conveyor* ini terletak diantara *demihull* kapal bagian buritan kapal. Secara garis besar *conveyor offloading* memiliki fungsi yang hampir sama dengan *loading conveyor*, perbedaannya terletak pada arah sampah bergerak. Jika *loading conveyor* berfungsi untuk mengarahkan sampah dan tumbuhan air ke bak penampung sedangkan *offloading conveyor* berfungsi untuk mengarahkan sampah dan tumbuhan air keluar kapal.

Selain peralatan yang ada pada kapal, peralatan penunjang seperti tempat pembuangan sampah yang ada di tepi sungai juga harus disiapkan. Dalam hal ini, tempat Pembuangan Sampah Sementara di Kawasan Ngagel dan sempadan DAM Gubeng menjadi pilihan untuk tempat pembuangan sampah sementara, karena lokasi ini berada di sekitar daerah operasional.

Sampah dan tumbuhan air yang berada di tempat pembuangan ini nantinya akan diangkut menuju truk penampung untuk proses pengolahan lebih lanjut.

II.5. Tinjauan Ekonomis Kapal

Ditinjau dari segi ekonomis, persoalan desain kapal adalah tentang bagaimana membuat bentuk badan kapal sedemikian rupa sehingga secara teknis memiliki hambatan kecil yang selanjutnya berakibat pada kecilnya tenaga mesin yang dibutuhkan sebagai alat penggerak (Santosa, 1999). Disamping itu perencanaan agar berat konstruksi bisa seminimal mungkin. Pada akhirnya hal tersebut bisa menurunkan biaya pembangunan dan biaya operasional kapal, yang mana merupakan persoalan utama dari aspek ekonomis yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini.

II.5.1. Biaya Pembangunan Kapal

Biaya pembangunan kapal pada umumnya didominasi oleh biaya dari berat baja dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Sehingga dalam proses optimasi ketiga jenis biaya ini yang kemudian dimasukkan dalam perhitungan. Namun demikian masih terdapat koreksi atas ketiga biaya tersebut Koreksi tersebut adalah koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah (Watson, 1998).

- **Biaya Berat Baja/Material Kapal (*Structural Weight Coast*)**
Perhitungan biaya berat baja/material bisa dilakukan apabila sudah diketahui berapa total baja yang dibutuhkan untuk membangun kapal. Setelah diketahui total berat baja/material selanjutnya dikalikan dengan harga baja/material yang dijual sesuai harga di pasaran saat kapal dibangun.
- **Biaya permesinan (*Machinery Coast*)**
Biaya permesinan ini mencakup biaya mesin yang menjadi penggerak utama.
- **Biaya Peralatan dan Perlengkapan (*Hull Outfitting Coast*)**
Perhitungan biaya ini didasarkan pada kebutuhan kapal yang terdiri dari sistem bongkar muat sampah dan tumbuhan air (*conveyor belt*), sistem pemotong tumbuhan air (*cutter*), sistem hidrolik, penerangan, dan peralatan lain. Maka dari itu setiap item tersebut harus dicari dengan detail harganya dan selanjutnya dijumlahkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

III.1. Identifikasi Masalah

Langkah awal dalam mengerjakan tugas akhir ini adalah menentukan permasalahan yang sedang terjadi di Kawasan Sungai Kalimas Surabaya.

III.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini yang berkaitan dengan permasalahan yang ada serta mencari informasi dan referensi yang mendukung dalam menyelesaikan masalah mendesain kapal kerja ini. Studi literatur yang dilakukan adalah yang berkaitan dengan pemahaman teori dan konsep dari perhitungan stabilitas, trim, *freeboard* maupun perhitungan berat total kapal.

III.3. Pengumpulan Data

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, ada dua jenis data yang digunakan yaitu:

- Data primer, diperoleh dari pengamatan langsung di Sungai Kalimas sebagai wilayah operasional kapal dan wawancara langsung dengan beberapa pihak yang memiliki kepentingan dan permasalahan dengan Sungai Kalimas.
- Data sekunder, diperoleh dari berbagai literatur, *paper*, buku dan internet serta data dari Perum Jasa Tirta I Kota Surabaya mengenai kondisi alam di wilayah yang menjadi objek penelitian. Dalam hal ini data kondisi alam di wilayah meliputi jumlah sampah dan tumbuhan air yang memenuhi perairan setiap harinya. Sedangkan data untuk karakteristik Sungai Kalimas diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Surabaya yang meliputi kondisi gelombang, kedalaman sungai, dan luas wilayah.

III.4. Penentuan *Payload* dan Ukuran Utama Awal

Penentuan *payload* dilakukan dengan menentukan jumlah sampah dan eceng gondok yang ada di Sungai Kalimas Surabaya dalam setahun, kemudian dibagi menjadi perhari untuk dapat diangkut oleh kapal kerja ini. Setelah *payload* ditentukan, langkah selanjutnya adalah

penentuan volume ruang muat untuk menampung jumlah sampah dan eceng gondok dalam sehari.

Setelah jumlah muatan dan volume ruang muat didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan ukuran utama awal kapal. Proses penentuan ukuran utama kapal dilakukan dengan membuat *design layout* berdasarkan volume ruang muat dan dimensi masing-masing peralatan. Peralatan disusun sedemikian rupa dengan mengambil referensi dari kapal yang sudah ada. Setiap peralatan memiliki dimensi yang menjadi acuan dalam pembuatan *layout*. Pembuatan *layout* harus memperhatikan keterkaitan peralatan satu dengan lainnya, sehingga hasil yang diperoleh menjadi maksimal dan kapal bisa bekerja dengan baik. Hasil yang didapat dari pembuatan *layout* yaitu:

- Panjang kapal
- Lebar kapal
- Tinggi kapal

Setelah didapatkan ukuran utama awal, selanjutnya dilakukan optimasi agar kapal kerja ini dapat dibuat berdasarkan ukuran utama yang optimum serta memenuhi standar/peraturan yang ada.

III.5. Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis dengan Metode Optimasi 256

III.5.1. Variasi 256 Kapal

Tujuan metode 256 dilakukan adalah untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal berdasarkan aspek-aspek teknis yang ditinjau dan biaya pembangunan kapal yang paling murah. Dalam operasinya, metode 256 dapat menghasilkan 256 ukuran utama kapal yang dipersentasekan pada batas atas dan batas bawah dari ukuran utama awal kapal yang telah diperoleh (variasi penambahan sebesar $x\%$). Persentase batas atas metode 256 yang dipakai bernilai $-1,667\%$ dan -5% . Begitu juga pada persentase batas bawah metode 256 bernilai $1,667\%$ dan 5% . Kemudian dari variasi penambahan tersebut, diperoleh nilai F_{n0} , L_0/B_0 , B_0/T_0 , T_0/H_0 masing-masing sebanyak 4 (empat) nilai. Dari nilai-nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk mendapatkan ukuran utama kapal sebanyak 256 ukuran utama.

III.5.2. Perhitungan Hambatan dan Propulsi

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang sesuai dan dibutuhkan oleh kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan

sebagaimana yang diinginkan oleh pemilik kapal sesuai *owner requirement*. Menurut (Insel, 1992), hambatan kapal dipengaruhi oleh besarnya nilai WSA kapal, dan koefisien hambatan total kapal.

III.5.3. Perhitungan Berat Kapal

Untuk menghitung berat kapal, dihitung berat LWT dan DWT kapal. LWT kapal dihitung dari beban dan tebal pelat yang digunakan. *Rules* yang digunakan untuk perhitungan beban dan tebal adalah *Lloyd's Register* karena kapal yang digunakan adalah katamaran, sehingga ditemukan berat lambung kapal. Sedangkan untuk berat DWT sendiri merupakan berat *payload*, *crew* dan barang bawaan.

III.5.4. Perhitungan Freeboard

Perhitungan *freeboard* tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines* (ICLL) 1966, karena kapal yang digunakan adalah kapal katamaran sehingga mengacu pada *Non-Convention Vessel Standard* (NCVS).

III.5.5. Trim Kapal

Trim kapal juga dihitung bersama dengan perhitungan stabilitas menggunakan *software Hydromax Pro*. Dari perhitungan trim akan diketahui apakah kapal trim haluan atau buritan.

III.5.6. Perhitungan Stabilitas Kapal

Dalam perhitungan stabilitas menggunakan kriteria stabilitas *Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11, Section 3.7*. Komponen penting yang harus diperhatikan dalam menghitung stabilitas adalah berat total kapal, LCG, KG, dan letak tangki-tangki serta muatannya. Dari perhitungan stabilitas ini selanjutnya didapatkan kurva lengan GZ yang nantinya akan dicari luasannya dan merupakan penentu diterima atau tidaknya batasan stabilitas tersebut.

III.5.7. Perhitungan Biaya Pembangunan

Perhitungan ini meliputi biaya total komponen-komponen apa saja yang terdapat pada kapal. Hal yang harus dilakukan adalah mencari harga terkini (per tahun 2018) barang-barang/komponen-komponen yang ada pada kapal lalu dijumlahkan.

III.6. Penentuan Ukuran Utama Optimum

Untuk penentuan ukuran utama yang paling optimum adalah dengan melalui tahap-tahap perhitungan teknis, satu dari sekian banyak data ukuran utama tersebut akan dipilih

berdasarkan batasan-batasan yang telah memenuhi kriteria dan harga kapal yang paling ekonomis.

III.7. Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model

Setelah ukuran utama optimum didapat, selanjutnya dilakukan pembuatan Rencana Garis untuk memodelkan bentuk lambung kapal secara keseluruhan. Dalam pembuatan Rencana Garis dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Pro* sebagai alat bantu dengan mengambil sampel desain yang sudah tersedia. Lalu di *export* ke *AutoCAD* untuk proses *finishing*. Dan untuk rencana umum dilakukan setelah Rencana Garis selesai sebab *outline* dari Rencana Umum didapatkan dari Rencana Garis. Pembuatan Rencana Umum dilakukan dengan menggunakan bantuan *software AutoCAD*.

III.8. Penentuan Sistem Loading-Offloading

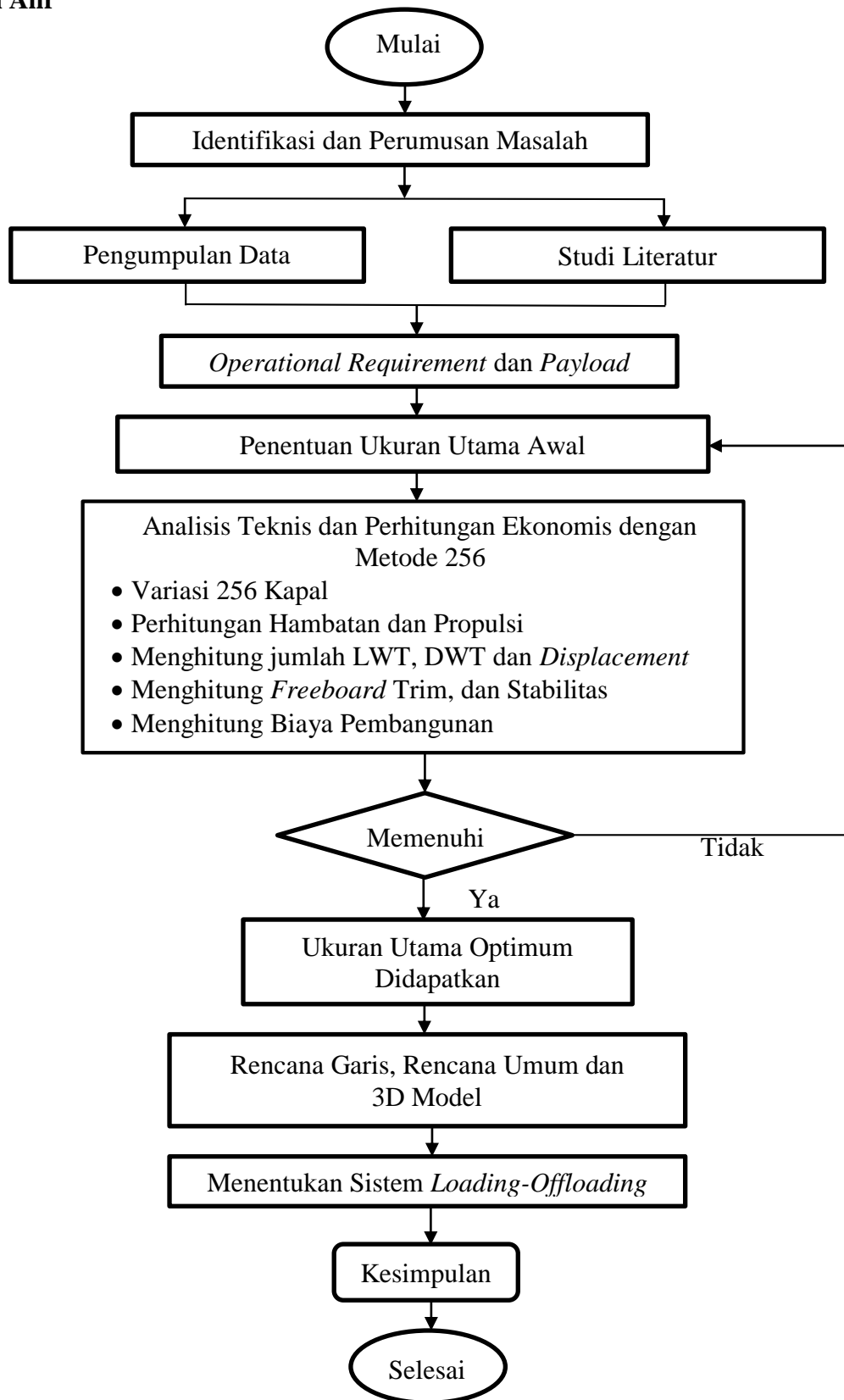
Kapal kerja ini dilengkapi *conveyor belt* yang saling berhubungan dari mulai haluan sampai buritan kapal serta dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan menggunakan lengan hidrolik. Diujung *loading conveyor* bagian haluan nantinya akan dipasang alat pemotong atau *cutter* yang fungsinya untuk memotong tumbuhan air seperti eceng gondok, kangkung air, ganggang air, dll.

III.9. Kesimpulan

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan. Kesimpulan yang didapatkan harus mampu menjawab tujuan yang ada dalam Tugas Akhir ini meliputi penentuan ukuran utama *Skimmer Boat* untuk operasi wilayah sungai Kalimas, kapasitas muatan hasil keruk, sistem propulsi yang sesuai untuk operasi kapal, gambar Rencana Garis, Rencana Umum, model 3D, dan biaya pembangunan kapal.

Sebagai acuan pengerjaan dalam Tugas Akhir ini kerangka pola pikir mengenai tahapan proses pengerjaan diatas diinterpretasikan dalam diagram alir pada Gambar III.1.

III.10. Bagan Alir



Gambar III.1 Flowchart Pengerjaan Tugas Akhir

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL

IV.1. Kondisi Sungai Kalimas Surabaya

IV.1.1. Struktur dan Dimensi Fisik Sungai Kalimas Surabaya

Sungai Kalimas adalah bagian dari Sungai Brantas yang bermuara di Selat Madura. Sungai Kalimas itu sendiri memiliki Panjang 15 kilometer membelah Kota Surabaya. Lebar sungai bervariasi antara 20 meter sampai dengan 35 meter. Kedalamannya juga berbeda-beda mulai 3-5 meter. Bagian terlebar terdapat di Kelurahan Ngagel dengan lebar sekitar 35 meter. Sedangkan untuk lebar sungai tersempit terdapat di Kelurahan Bongkaran yaitu dekat Jl. Karet dan Jl. Coklat dengan lebar 20 meter. Sedangkan kedalaman sungai paling dalam berada pada kawasan Monkasel sampai kawasan Genteng.

Dalam perjalanannya menuju muara, Sungai Kalimas melintasi 8 Kecamatan dan 15 Kelurahan yaitu, Kelurahan Ngagel dan Kelurahan Darmo (Kecamatan Wonokromo), Kelurahan Keputran (Kecamatan Tegalsari), Kelurahan Gubeng dan Kelurahan Pacarkeling (Kecamatan Gubeng), Kelurahan Genteng, Kelurahan Embong Kaliasin, dan Kelurahan Ketabang (Kecamatan Genteng), Kelurahan Alun-Alun Contong (Kecamatan Bubutan), Kelurahan Bongkaran, Kelurahan Krembangan Utara, Kelurahan Nyamplungan, dan Kelurahan Perak Utara (Kecamatan Pabean Cantikan), Kelurahan Krembangan Selatan (Kecamatan Krembangan), serta Kelurahan Ujung (Kecamatan Semampir). Karakteristik Sungai Kalimas masing-masing daerah berbeda, sesuai situasi dan kondisi masyarakat di sisi sungai tersebut.

IV.2. Permasalahan yang Ada di Sungai Kalimas Surabaya

IV.2.1. Sampah

Aliran sungai yang melewati daerah padat pemukiman memperbesar potensi pencemaran aliran sungai oleh sampah organik maupun non organik. Jenis dan ukuran sampah yang terdapat di daerah aliran sungai memiliki pengaruh secara langsung pada desain kapal dan peralatan yang akan digunakan, sehingga pengoperasian kapal akan memiliki tingkat efektivitas yang cukup tinggi. Dalam hal ini tingkat efektivitas kapal di nilai dari kecepatan pengambilan sampah dan kapasitas sampah yang dapat ditampung oleh kapal. Oleh karena itu diperlukan

data ukuran dan jenis sampah yang akan digunakan untuk merumuskan spesifikasi desain kapal yang akan dibuat.



Gambar IV.1 Persebaran Sampah di Sungai Kalimas Surabaya

Pada Gambar IV.1 secara umum berdasarkan jenisnya sampah yang terdapat di aliran sungai dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu sampah organik (daun, kulit buah, sayuran, batang pohon, ranting dll) dan sampah non organik (botol, plastik, gelas, ban bekas, sandal, sepatu bekas, plastik pembungkus makanan, dll). Persentase sampah ini meliputi 54% plastik, 24% kayu dan ranting, 14% botol kaca/gelas, kain dan gabus, 8% tumbuhan air dan daun.

Sedangkan berdasarkan ukurannya, sampah dibagi menjadi beberapa kategori yaitu:

1. Ukuran Kecil

Sampah yang masuk kedalam kategori ini adalah sampah dengan ukuran antara 0 cm sampai 30 cm.

2. Ukuran Sedang

Untuk kategori sedang, sampah memiliki ukuran antara 30 cm sampai dengan 80 cm.

3. Ukuran Besar

Untuk sampah ukuran besar yaitu dengan ukuran lebih dari 80 cm.



Gambar IV.2 Tumpukan Sampah di Sungai Kalimas Surabaya

Gambar IV.2 sampah yang banyak terdapat di aliran sungai sebagian besar merupakan sampah dengan ukuran kecil, yaitu berkisar dari 0 cm sampai 30 cm tetapi dalam jumlah yang besar sehingga dapat memampatkan dan menutupi aliran sungai. Selain di atas pembagian sampah yang terdapat di aliran Sungai Kalimas dibedakan lagi menjadi beberapa jenis berdasarkan sifat sampah tersebut di dalam air, yaitu:

1. Sampah yang terapung di atas permukaan air
2. Sampah yang melayang di antara dasar dan permukaan sungai
3. Sampah yang terendam di dasar sungai

Sampah dan tumbuhan air yang ada di permukaan dan yang melayang ini nantinya akan dibersihkan dengan cara diangkut menggunakan kapal kerja untuk dibawa ke tempat pengolahan selanjutnya. Dari jenis dan sifat sampah ini nantinya dapat menentukan desain kapal kerja serta desain alat bongkar muatnya agar kapal kerja dapat bekerja secara optimal.

IV.2.2. Tumbuhan Air (Eceng Gondok, kangkung dan alga)

Konsentrasi tumbuhan air di Sungai Kalimas Surabaya merupakan masalah yang cukup rumit bagi masyarakat Kota Surabaya. Begitu banyak permasalahan yang timbul akibat dari terus menumpuknya komunitas tumbuhan air ini. Dengan adanya tanaman ini yang tumbuh subur di sungai menyebabkan sampah yang ikut hanyut terjebak di area komunitas tumbuhan air dan akan terakumulasi dan menutupi badan sungai bila tidak segera ditangani seperti pada Gambar IV.3. Akan tetapi tumbuhan air seperti tanaman eceng gondok bisa dimanfaatkan dan diolah menjadi berbagai macam kerajinan tangan yang bernilai ekonomis tinggi.



Gambar IV.3 Contoh Tumbuhan Air yang Ada di Sungai Kalimas Surabaya

IV.2.3. Sedimentasi

Selain masalah sampah dan tumpukan air yang ada di Sungai Kalimas, masalah sedimentasi juga sangat mengganggu kondisi sungai saat ini. Secara umum pada semua area atau alur Sungai Kalimas terdapat lumpur. Endapan atau lumpur yang berada pada sungai ini rata-rata memiliki kedalaman sekitar 1 meter. Sumber lumpur tersebut selain karena karakter fisik Sungai Kalimas itu sendiri, juga berasal dari Sungai Surabaya dan saluran drainase kota (lewat saluran Darmo dan saluran Dinoyo). Sedimentasi yang terjadi mempunyai pengaruh terhadap berkurangnya kapasitas tampung dari saluran Kota Surabaya karena adanya sedimentasi tersebut. Tingginya angkutan sedimentasi dari erosi lahan di bagian hulu menyebabkan semakin tinggi biaya pemeliharaan untuk memperbesar daya tampung sungai dan saluran di Kota Surabaya agar dapat berfungsi secara optimal seperti pada Gambar IV.4 sebagai berikut:



Gambar IV.4 Contoh Sedimentasi dan Tumpukan Sampah yang ada di Sungai Kalimas

IV.3. Tinjauan Lokasi

IV.3.1. Segmentasi

Segmentasi dilakukan dengan cara melihat semua batasan-batasan fisik yang ada di sepanjang Sungai Kalimas Surabaya. Sungai kalimas mengalir sepanjang 15 kilometer berawal dari pintu air Ngagel dan bermuara di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Pada Tabel IV.1 di sepanjang Sungai Kalimas terdapat dua pintu air yaitu di daerah Ngagel dan di daerah Kayoon. Selain itu ada 14 jembatan yang melintas di atas Sungai Kalimas. Jembatan ini memiliki *clearance height* rata-rata 4 meter dari permukaan air (*Hastijanti, 2010*). Empat belas jembatan tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel IV.1 Jembatan yang Melintasi Sungai Kalimas

•Jembatan di jl. Bung Tomo	• Jembatan Peneleh
•Jembatan di jl. Sulawesi	• Jembatan di jl. Pasar Besar Wetan
•Jembatan di jl. Karimun Jawa	• Jembatan di jl. Johor
•Jembatan di jl. pemuda	• Jembatan di jl. Kebon Rojo
•Jembatan di jl. Plaza Boulevard	• Jembatan Merah
•Jembatan di jl. Yos Sudarso	• Jembatan Petekan
•Jembatan di jl. Genteng Kali	• Jembatan di jl. Benteng

Sumber: Hastijanti, 2010



(sumber: <http://wikipedia.co.id/jembatan-kalimas-surabaya>, 2017)

Gambar IV.5 Karakteristik Sungai Kalimas Surabaya

Pada Gambar IV.5 terlihat Sungai Kalimas yang mengalir ke arah utara Kota Surabaya dari Pintu Air Ngagel sampai kawasan Tanjung Perak memiliki bentuk sungai yang meliuk dan sebagian melurus, khususnya di bagian utara. Lebar penampang permukaan sungai bervariasi antara 20 m – 35 m. Bagian terlebar terdapat di Kelurahan Ngagel dengan lebar sungai sekitar 35 meter yaitu di dekat pintu air. Untuk lebar sungai tersempit terdapat di Kelurahan Bongkaran yaitu di dekat Jl. Karet dan Jl. Coklat dengan lebar sekitar 20 meter. Kedalaman Sungai Kalimas menurut data di Perum Jasa Tirta adalah antara 3 sampai 5 meter. Kedalaman sungai yang paling dalam berada pada kawasan Monkasel sampai kawasan Genteng (Hastijanti, 2010)

IV.3.2. Zoning

Zoning dilakukan dengan cara melakukan survei lapangan secara langsung untuk melihat kondisi banyaknya timbunan sampah dan tumbuhan air yang terdapat di Sungai Kalimas. Setelah dilakukan pengamatan, kondisi sungai di daerah Monkasel ialah yang paling bersih, karena di daerah tersebut sudah dibangun tempat rekreasi yaitu taman ekspresi dan taman prestasi. Sedangkan daerah yang masih kotor terdapat mulai dari daerah Pasar Keputran sampai daerah Ngagel.

IV.3.3. Pemilihan Daerah Operasional

Pemilihan daerah operasional *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat* ini dilakukan dengan cara melihat hasil dari segmentasi yang telah dilakukan yaitu berdasarkan batasan-batasan fisik yang ada di sekitar Sungai Kalimas Surabaya. Karakteristik di sepanjang aliran Sungai Kalimas hampir sama, yaitu mengalir di area pemukiman warga dan terletak tak jauh dari jalan besar atau jalan protokol.

Karakteristik umum Sungai Kalimas antara lain sebagai berikut:

- Panjang sungai :15.000 m
- Lebar sungai :20-35 m
- Kedalaman sungai : 3-5 m
- Kondisi di sepanjang sungai :
 1. Alur sungai mengalir melewati area pemukiman warga.
 2. Alur sungai terletak tidak jauh dari jalan besar dan jalan protokol.
 3. Adanya 14 jembatan yang melintasi Sungai Kalimas.
 4. Terdapat 2 pintu air yaitu di Ngagel dan di DAM Gubeng.

Jika dilihat dari segi segmentasi, terdapat batasan fisik berupa pintu air DAM Gubeng di daerah Kayoon dan dilihat dari segi *zoning* daerah Jl. Achmad Jais sampai daerah Monkasel merupakan taman wisata yang sudah bersih karena di daerah tersebut sudah dibangun tempat rekreasi yaitu taman ekspresi dan taman prestasi, maka daerah tersebut tidak dipilih menjadi daerah operasional. Sehingga telah ditentukan daerah operasional yang dipilih yaitu mulai dari setelah Pintu Air Ngagel lalu ke utara sampai dengan DAM Gubeng dengan jarak rute sekitar 4 kilometer seperti pada Gambar IV.6:

Keterangan :

- Lokasi awal operasional
- Lokasi akhir operasional

Jembatan yang dilewati:

1. Jembatan Sono Kembang di Jl. Karimun Jawa.
2. Jembatan di Jl. Sulawesi, Pasar Keputran.
3. Jembatan di Jl. Bung Tomo, Ngagel



(Sumber: Google Maps, 2017)

Gambar IV.6 Daerah Operasional *Weed Aquatic and Trash Skimmer Boat*

IV.4. Hasil Survei

Setelah dilakukan pemilihan lokasi, dilakukan survei lapangan untuk mengetahui kondisi sungai secara langsung. Survei yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah jembatan yang melintasi Sungai Kalimas pada daerah operasional, kedalaman sungai di lokasi jembatan serta tinggi jembatan diukur dari permukaan sungai.

Pengukuran menggunakan tali rafia dan batu yang diikat di ujung tali. Batu digunakan sebagai pemberat agar tali rafia dapat menyentuh dasar sungai. Setelah batu menyentuh dasar sungai, rafia diangkat perlahan kemudian diukur. Pengukuran dimulai dari ujung batu sampai dengan batas tali rafia yang basah karena air. Berikut adalah hasil survei yang telah dilakukan:



Gambar IV.7 Hasil Pengukuran Jembatan di Jl. Bung Tomo

Pada Gambar IV.7 merupakan hasil pengukuran jembatan yang ada di Jl. Bung Tomo, Ngagel. Pengukuran dilakukan dengan cara membentangkan tali rafia yang sudah diberikan pemberat berupa batu kemudian di turunkan hingga menyentuh permukaan air. Jarak tali rafia tersebut kemudian diukur dari permukaan air sampai dengan bagian jembatan paling bawah. Berdasarkan hasil pengamatan, untuk jembatan Bung Tomo memiliki ketinggian 2.9 m dari permukaan air saat musim kemarau dan memiliki kedalaman hampir 2 meter.



Gambar IV.8 Hasil Pengukuran Jembatan di Jl. Sulawesi

Pada Gambar IV.8 merupakan hasil pengukuran jembatan yang ada di Jl. Sulawesi. Pengukuran dilakukan masih dengan cara yang sama yaitu membentangkan tali rafia yang sudah diberikan pemberat berupa batu kemudian di turunkan hingga menyentuh permukaan air. Jarak tali rafia tersebut kemudian diukur dari permukaan air sampai dengan bagian jembatan paling bawah. Berdasarkan hasil pengamatan, untuk jembatan di Jl. Sulawesi memiliki ketinggian hampir 3 m dari permukaan air saat musim kemarau dan memiliki kedalaman sekitar 1.8 meter.



Gambar IV.9 Hasil Pengukuran di Jembatan Jl. Karimun Jawa

Dan untuk jembatan di Jl. Karimun Jawa seperti pada Gambar IV.9 didapatkan hasil pengukuran yaitu ketinggian jembatan mencapai 2.8 meter dan memiliki kedalaman sekitar 1.6 meter.

IV.5. Penentuan *Shelter Point* untuk *Dumping Area*

Daerah sempadan sungai adalah kawasan di sepanjang kanan kiri sungai termasuk sungai buatan, sempadan ini mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi sungai. *Dumping area* atau tempat penampungan sementara muatan yang diangkut kapal ditentukan sesuai dengan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur No. 93 tahun 1997 tentang Pola Pengelolaan Sungai Kalimas. Pada Tabel IV.2 akan dijelaskan daerah peruntukan sempadan yang sudah ditunjuk pemerintah untuk dijadikan *dumping area*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran A Data Pendukung

Tabel IV.2 Peruntukan Daerah Sempadan Sungai Kalimas Surabaya

No	Section	Jarak (m)	Peruntukan		
			Sempadan Kiri	Alur Sungai	Sempadan Kanan
1	P1-P2	105	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi <i>Dumping Area</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Dermaga
2	P2-P4	230	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dumping Area</i> Hutan Kota Dermaga
3	P4-P7	315	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota Dermaga
4	P7-P9	220	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dumping Area</i> Jalan Inspeksi Dermaga
5	P9-P10	80	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota
6	P10-P11	95	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota Parkir

7	P11-P15	410	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
8	P15-P17	205	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Dermaga
9	P18-P18	105	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
10	P18-P20	180	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
11	P20-P25	495	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
12	P25-P29	445	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
13	P29-P33	395	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Lap. Olahraga
14	P33-P34	100	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota
15	P34-P37	285	<ul style="list-style-type: none"> • Lap. Olahraga • Taman Bermain • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
16	P37-P38	100	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • IPAL • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
17	P38-P39	120	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Parkir • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota

18	P39-P42	300	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Dumping Area</i> • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
19	P42-P44	300	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Jogging Track</i> • Hutan Kota • Fas. PDAM 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Fas. PDAM
20	P44-P46	215	<ul style="list-style-type: none"> • MONKASEL • Dermaga • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota

Sumber: Perum Jasa Tirta 1 Kota Surabaya

Setelah mengetahui letak *dumping area* pada Tabel IV.2 terletak disebelah mana, , maka jika bak penampungan yang ada di kapal sudah terisi penuh oleh sampah dan tumbuhan air, selanjutnya akan dibongkar di *dumping area* yang telah ditentukan di beberapa titik di sepanjang Sungai Kalimas Surabaya sebagai berikut:

Tabel IV.3 Penentuan *Dumping Area/Shelter* di Sungai Kalimas Surabaya

Segmen	<i>Shelter I</i>	<i>Shelter II</i>	<i>Shelter III</i>
Segmen I	Pintu Air Ngagel	TPS Ngagel	Sempadan DAM Gubeng



Gambar IV.10 *Shelter I* Pintu Air Ngagel

Pada Gambar IV.10 merupakan *shelter 1* yaitu tempat mulainya kapal beroperasi sekaligus tempat pemberhentian terakhir setelah kapal melakukan proses *skimming*. Lokasi ini terletak pada P2-P4 yang memang sudah disediakan *dumping area* oleh Pemerintah Kota Surabaya. *Shelter 1* ini memiliki ketinggian dari permukaan yaitu 1 meter, sehingga *shelter 1* ini cocok untuk dijadikan tempat *dumping area* yang terakhir setelah kapal selesai beroperasi karena dapat dijangkau oleh *offloading conveyor* kapal.



Gambar IV.11 *Shelter II* TPS Ngagel

Sedangkan pada Gambar IV.11 merupakan *shelter II* yaitu tempat pemberhentian kedua setelah kapal melakukan proses *skimming* dari *shelter I*. Lokasi ini terletak pada P18 tepat disamping TPS Ngagel yang memang sudah disediakan *dumping area* oleh Pemerintah Kota Surabaya. *Shelter II* ini memiliki ketinggian dari permukaan yaitu 0.6 meter, sehingga *shelter II* ini cocok untuk dijadikan tempat *dumping area* kedua setelah kapal selesai beroperasi dari *shelter I* karena dapat dijangkau oleh *offloading conveyor* kapal.



Gambar IV.12 *Shelter III* Sempadan Dam Gubeng

Sedangkan pada Gambar IV.12 merupakan *shelter III* yaitu tempat pemberhentian ketiga setelah kapal melakukan proses *skimming* dari *shelter II*. Lokasi ini terletak pada P39-P42 tepat disamping Pintu Air Ngagel yang memang sudah disediakan *dumping area* oleh Pemerintah Kota Surabaya. *Shelter III* ini memiliki ketinggian dari permukaan yaitu 0.5 meter, sehingga *shelter III* ini cocok untuk dijadikan tempat *dumping area* ketiga.

IV.6. Penentuan Pola Operasional Kapal

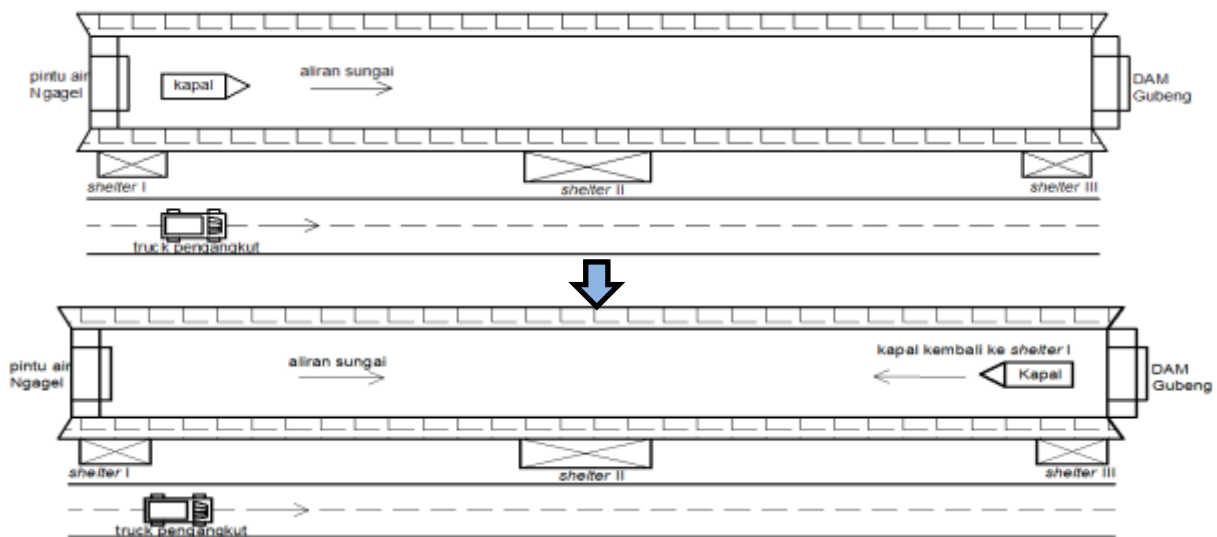
Dengan kecepatan kapal yang mencapai 4 knot, kapal membutuhkan waktu 1 jam untuk menempuh sungai yang ditinjau. Karena laju kapal tidak hanya lurus, namun berkelok-kelok mengikuti letak tumpukan sampah, sehingga waktu operasional kapal ditentukan sesuai dengan standar kerja harian yaitu 8 jam perhari, yang terdiri dari 5 jam adalah waktu proses kapal melakukan *skimming*, dan 1.5 jam adalah waktu untuk *offloading* muatan dan sisanya untuk

mempersiapkan alat. Operasional kapal akan dimulai dari jam 08.00 dan berakhir 16.00 tiap hari operasinya seperti pada Tabel IV.4.

Direncanakan kapal berlayar mengikuti arus sungai sambil mengumpulkan sampah dan tumbuhan air dari titik awal operasi menuju titik akhir operasi. Pada daerah ini terdapat dua pasar besar yang ikut berperan dalam menyumbangkan limbah sampahnya ke dalam sungai. Pasar ini terletak di daerah Keputran dan Kayoon.

Tabel IV.4 Estimasi Waktu Operasional Kapal

Uraian	<i>Shelter I</i>	<i>Vs (knot)</i>	<i>Shelter II</i>	<i>Vs (knot)</i>	<i>Shelter III</i>	<i>Vs (knot)</i>	<i>Shelter I</i>
Jarak (m)	0	1	870	1	4200	3	4200
<i>Loading</i> (menit)	-		120		120		60
<i>Idle Time</i> (menit)	30		-		30		30
<i>Offloading</i> (menit)	-		30		30		30
waktu operasional (menit)	30		150		180		90



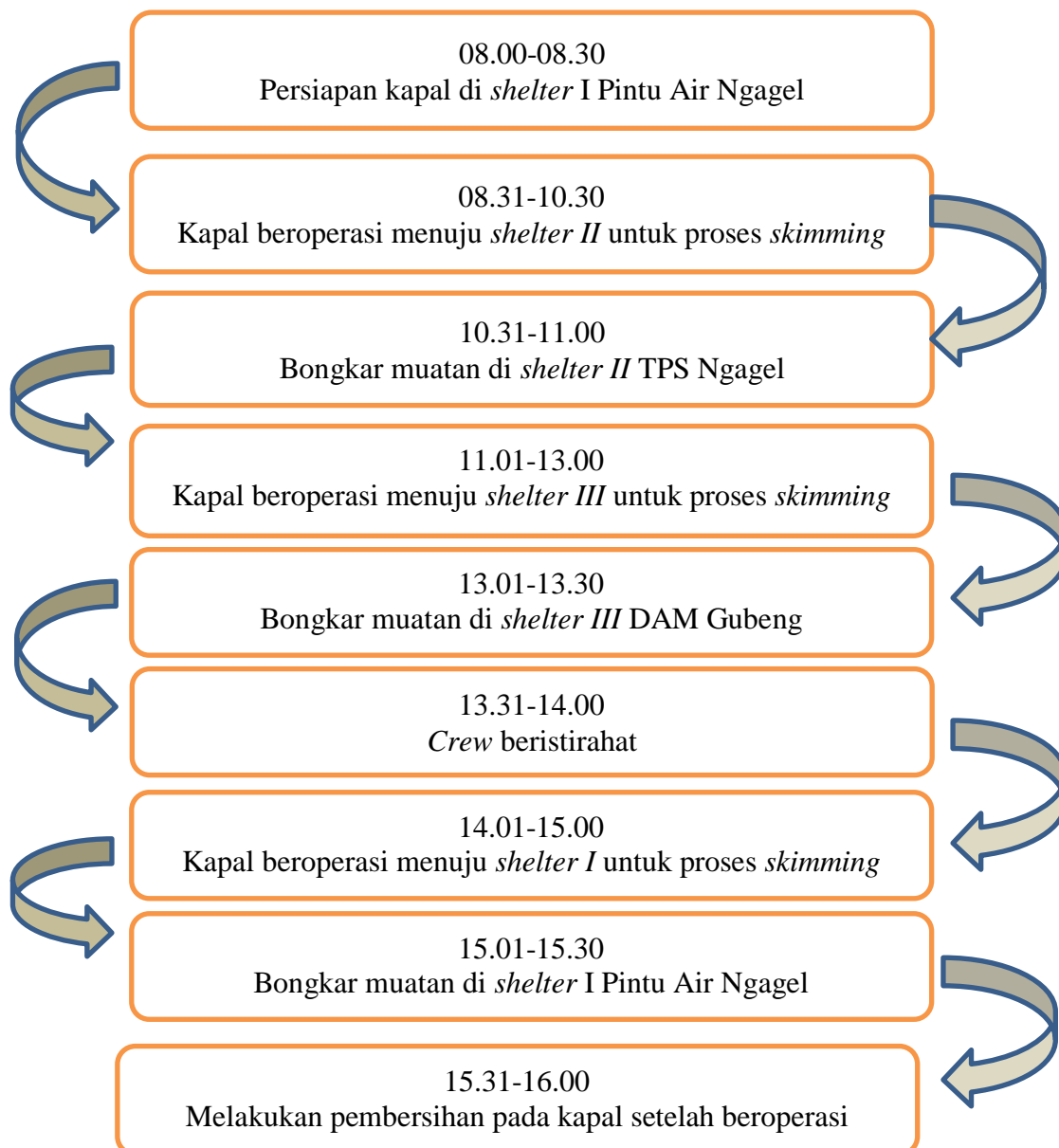
Gambar IV.13 Ilustrasi Pola Operasional Kapal

Pada Gambar IV.13 menjelaskan tentang pola operasional kapal saat melakukan proses *skimming* dari *shelter I* menuju *shelter II* dengan kecepatan 1 *knot*, setelah dirasa cukup dalam pembersihan, kapal melakukan proses bongkar muatan di *shelter II*. Kemudian kapal melanjutkan proses *skimming* menuju ke *shelter III* dengan kecepatan 1 *knot*. Setelah sampai di *shelter III* kapal melakukan bongkar muatan dan *crew* beristirahat. Setelah dari *shelter III*, kapal berbalik arah menuju ke *shelter I* dengan kecepatan 3 *knot* untuk melakukan proses *skimming*

sampah-sampah yang kemungkin masih tertinggal, dan di *shelter I* kapal melakukan bongkar muatan lagi yang nantinya akan diangkut oleh truk.

Setelah kapal selesai beroperasi, selanjutnya truk akan melayani pengangkutan muatan dari tiap *dumping area/shelter* menuju ke tempat pembuangan akhir yang berada di TPS Benowo. Direncanakan hanya 1 armada truk saja dengan kapasitas 6 m³ dalam setiap operasinya.

Mengingat jarak *shelter* dengan garis air sungai cukup tinggi dan sarat air pada bibir sungai cukup dangkal, maka proses bongkar muat sampah dan tumbuhan air dari kapal menuju masing-masing *shelter* dilakukan menggunakan *conveyor belt* dan muatannya diletakan di sempadan tiap-tiap *shelter*. Kemudian sampah yang ada di sempadan *shelter* ini akan diangkut manual menuju bak truk. Hal ini tentunya akan lebih ekonomis dan efisien.



Gambar IV.14 Flowchart rute dan jadwal operasional kapal

BAB V

ANALISIS TEKNIS DAN PERHITUNGAN EKONOMIS

V.1. Analisis Teknis

V.1.1. Penentuan Jenis Kapal Beserta Sistem Pembersihnya

Jenis kapal kerja dan sistem pembersihnya dipilih berdasarkan kondisi dan permasalahan yang ada di Sungai Kalimas Surabaya. Dengan demikian ketika kapal dioperasikan maka hasil yang dicapai dapat maksimal. Kondisi perairan dan karakter sampah seperti yang telah dijelaskan pada bab IV, dimana jenis sampahnya adalah sampah terapung dan tumbuhan air dengan sangat beranekaragam baik dari jenis dan ukurannya. Selain itu juga menyangkut keterbatasan alat yang dimiliki oleh Dinas Kebersihan Kota Surabaya, dimana alat yang digunakan untuk membersihkan sungai hanyalah peralatan manual seperti jaring, maka pekerjaan dengan seperti itu tentunya masih jauh dari kata optimal. Oleh karena itu dipilihlah kapal kerja jenis *aquatic weed and trash skimmer boat* yang diharapkan bisa menjadi solusi dalam membersihkan sampah dan tumbuhan air di Sungai Kalimas Surabaya.

Pada Tabel V.1 berikut ini merupakan perbandingan beberapa peralatan jenis kapal pembersih dan kapal keruk, sebagai berikut:

Tabel V.1 Perbandingan beberapa jenis peralatan Kapal Pembersih

Keterangan	Jenis Peralatan Kapal Kerja				
	<i>conveyor</i>	<i>bucket</i>	<i>backhoe</i>	<i>hopper</i>	<i>Suction</i>
Membersihkan sampah mengapung	ya	ya	ya	tidak	tidak
Membersihkan sampah tenggelam	tidak	ya	ya	ya	ya
Membersihkan sampah ukuran kecil	ya	ya	tidak	tidak	ya
Membersihkan sampah ukuran besar	tidak	ya	ya	ya	tidak
Akurasi pengerukan	ya	tidak	tidak	tidak	tidak
Transportasi melewati jembatan	ya	tidak	tidak	tidak	tidak
Efisiensi (<i>loading offloading</i>)	ya	tidak	tidak	tidak	tidak

Sumber: *Handout Section Dredging Delft University of Technology*

Dari Tabel V.1, agar kapal kerja mampu mengangkat sampah dan tumbuhan air yang tersebar di permukaan Sungai Kalimas Surabaya setiap harinya ini berjalan optimal, maka kapal kerja dirancang agar memiliki sistem yang menyerupai kapal *roro (roll on roll off)*, yaitu

muatan yang masuk dari bagian haluan bisa langsung dikeluarkan melalui buritan kapal ketika mencapai tempat pembuangan sementara. Hal ini tentunya akan mempercepat proses bongkar muat. Secara umum, Agar dapat melakukan pembersihan sampah dan tumbuhan air dengan mudah, digunakan 3 buah *conveyor belt* yaitu *loading conveyor*, *storage conveyor*, dan *offloading conveyor*.

1. *Loading conveyor* terletak di haluan kapal dan berfungsi untuk menangkap sampah dan tumbuhan air yang ada di depan kapal. Sampah dan tumbuhan air yang berhasil ditangkap oleh *loading conveyor* kemudian akan diteruskan menuju ke bak penampungan.
2. Di dasar bak penampung terdapat *storage conveyor*. *Conveyor* ini berfungsi untuk mempermudah keluarnya sampah dan tumbuhan air ketika proses *offloading*.
3. *Conveyor* terakhir adalah *offloading conveyor*. *Conveyor* ini terletak diantara *demihull* kapal bagian buritan kapal. Secara garis besar *conveyor offloading* memiliki fungsi yang hampir sama dengan *loading conveyor*, perbedaannya terletak pada arah sampah bergerak. Jika *loading conveyor* berfungsi untuk mengarahkan sampah dan tumbuhan air ke bak penampung sedangkan *offloading conveyor* berfungsi untuk mengarahkan sampah dan tumbuhan air keluar kapal.

Untuk mendapatkan kapal dengan kapasitas angkut yang besar, dimana luasan *deck* menjadi hal yang sangat diperhitungkan, maka dipilihlah jenis kapal katamaran sebagai lambungnya. Bentuk kapal ini dipilih karena untuk menyesuaikan konfigurasi peralatan *conveyor* agar bisa bekerja secara optimal.

Selain itu untuk bagian haluan kapal, tepatnya didepan *loading conveyor*, dipasang *cutter* yang berfungsi untuk memotong tumbuhan air seperti eceng gondok, alga, dan tumbuhan air lainnya. Karena tumbuhan ini pada umumnya memiliki akar serabut dan mengelompok dalam jumlah banyak, sehingga diperlukan alat pemotong agar tumbuhan ini dapat diangkut oleh *loading conveyor*. Karakteristik *cutter* yang digunakan hampir sama dengan karakteristik *cutter* pada kapal pembersih yang sudah ada, Karakteristik *cutter* dapat dilihat pada Tabel V.2:

Tabel V.2 Karakteristik *Cutter* Kapal Pembersih Sampah dan Tumbuhan Air

<i>Cutting Capacity</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
Lebar	2	m
Panjang	0.5	m

V.1.2. Penentuan Peralatan Bongkar Muat

Dimensi kapal kerja dan peralatan yang berupa *conveyor* didesain berdasarkan beban pencemaran yang diakibatkan oleh sampah dan tumbuhan air di lokasi. Data yang diperoleh merupakan data yang diambil dari Perum Jasa Tirta I Kota Surabaya. Data ini diambil untuk mengetahui volume dan persebaran sampah yang berada di permukaan perairan sehingga dapat ditentukan dimensi tangki penyimpanan beserta dimensi *belt conveyor* pada kapal kerja.

Agar dapat melakukan kerja pembersihan sampah dengan mudah dan optimal, maka direncanakan penggunaan 3 buah *conveyor* diantara kedua lambung adalah pilihan terbaik. Ketiga *conveyor* ini adalah *loading conveyor* yang terletak pada haluan yang berfungsi sebagai penangkap sekaligus memuat (*loading*) muatan untuk ditampung kedalam bak penampung yang dimana pada dasar bak ini juga tersedia *storage conveyor*, dan *Offloading conveyor* diletakkan pada buritan yang berfungsi untuk menurunkan muatan didarat lalu dimasukan kedalam truk.

Untuk kinerja yang optimal, maka kecepatan *conveyor* harus sama dengan kecepatan kapal saat beroperasi. Dalam hal ini kecepatan kapal saat bekerja melakukan pembersihan sampah didapatkan dari rumus empiris sebagai berikut:

$$V_s \text{ kapal} = 1,34 \times \sqrt{L_{WL}} \text{ (knot)} \quad (5.1)$$

Maka,

$$V_s \text{ kapal} = V \text{ Conveyor} \quad (\text{knot})$$

Oleh karena kecepatan *conveyor* harus sama dengan kecepatan kapal saat bekerja, maka conveyor yang digerakkan menggunakan motor listrik ini perlu diberi *reduction gear* untuk menurunkan putarannya (Muin, 1986). Untuk mesin-mesin perkakas *conveyor belt* berlaku hubungan:

$$V = d \cdot n \cdot \pi \quad (5.2)$$

Dimana,

$$n = v / (d \cdot \pi) \quad (5.3)$$

Penentuan daya motor listrik yang menggerakkan *conveyor belt* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= W/t \\ &= \frac{f \times s}{t} \\ &= \frac{(m \times g) s}{t} \quad (\text{HP}) \end{aligned} \quad (5.4)$$

Dimana,

- m = massa *conveyor belt*
- g = gravitasi (9,8 m/s)
- s = panjang *conveyor belt*
- t = waktu pengangkatan

Perhitungan daya motor listrik penggerak *conveyor* ini selanjutnya dikoreksi dengan mengalikannya dengan nilai efisiensi mekanis sehingga:

$$P = Px \mu \text{ mekanis} \quad (5.5)$$

Dimana, $\mu \text{ mekanis} = 0,8$ (HP)

V.1.3. Penentuan *Payload* dan Ukuran Utama Awal

Kapasitas angkut ditentukan dengan melihat volume jumlah sampah dan tumbuhan yang ada di Sungai Kalimas Surabaya. Kebutuhan dipandang sebagai *requirement* yang menjadi acuan dalam perancangan kapal kerja pembersih ini. Data lapangan mengenai kondisi sampah dan tumbuhan air khususnya eceng gondok tersaji pada Tabel V.3 sebagai berikut:

Tabel V.3 Data Kondisi Sampah dan Eceng Gondok di Sungai Kalimas Surabaya

Item	Value	Unit
Luas Total	450.000	m^2
Luas Area yang ditinjau	120.000	m^2
Kedalaman rata-rata	3	m
Jumlah sampah total	2.232	m^3
Persebaran sampah	0.0107	m^3/m^2
Volume Sampah di area yang ditinjau	926	m^3
Jumlah eceng gondok total	24.500	m^2
Volume eceng gondok yang ditinjau	367,5	m^3
Jumlah muatan yang harus diangkut	1.294	m^3

Sumber: Perum Jasa Tita 1 Surabaya

Dari data Tabel V.3 luas area yang dipenuhi sampah dan tumbuhan air dipandang sebagai daerah operasional yang harus ditempuh kapal saat beroperasi. Pekerjaan *skimming* ini akan berjalan optimal jika kecepatan kapal saat beroperasi sama dengan kecepatan *loading*

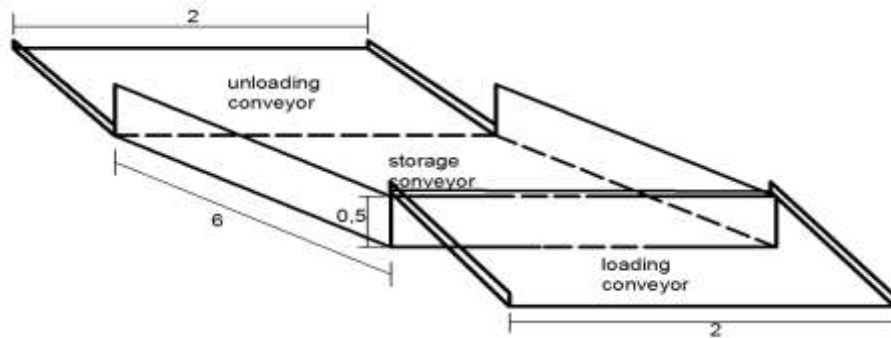
conveyor yang berada pada haluan kapal. Sesuai dengan referensi beberapa kapal kerja sejenis, kecepatan kapal dan *conveyor* ideal adalah 4 knots, dan lebar loading *conveyor* selanjutnya ditentukan selebar 2 meter, dengan demikian maka dari jarak tempuh dan kecepatan kapal ini dapat digunakan untuk menentukan jam kerja total yang dibutuhkan untuk mengangkat semua sampah dan tumbuhan air di lokasi yang ditinjau. Dengan membagi jarak tempuh terhadap kecepatan kapal saat beroperasi (4 knot), maka didapatkan total jam kerja yaitu 8 jam.

Tabel V.4 Detail Jumlah Sampah dan Eceng Gondok yang Harus Diangkut

<i>Item</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
Luasan <i>cover area</i>	120.000	m^2
Lebar <i>loading conveyor</i> direncanakan	2	m
Kecepatan saat beroperasi	4	knot
Waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan	8	jam
Jumlah muatan total	1.294	m^3 / tahun
Jumlah muatan total	5.5	m^3 / hari
Ruang muat ditentukan	6	m^3
<i>Payload</i>	4	ton

Sumber: Perum Jasa Tirta 1 Surabaya.

Dari Tabel V.4 menyatakan bahwa jumlah sampah dan eceng gondok total yang ada dilokasi sebanyak $1.294 m^3$ per tahun. $1.294 m^3$ dibagi per hari didapatkan $5,5 m^3$ sehingga dari jumlah ini dapat diketahui perkiraan persebaran sampah dan eceng gondok adalah $10.7 m^3 / km^2$ nya. Dengan jumlah jam kerja bersih selama 8 jam per hari, yang terdiri dari 5 jam adalah waktu proses kapal melakukan *skimming*, dan 1.5 jam adalah waktu untuk *offloading* muatan, maka selanjutnya ditentukan kapasitas bak penampung muatan pada kapal sebesar $6 m^3$. dengan menggunakan data jenis-jenis sampah yang terdapat di lapangan, maka didapatkan massa jenis rata-rata dari muatan sampah dan eceng gondok sebesar 0.65 untuk dikalikan dengan volume bak penampung sehingga didapatkan *payload* sebesar 4 ton.



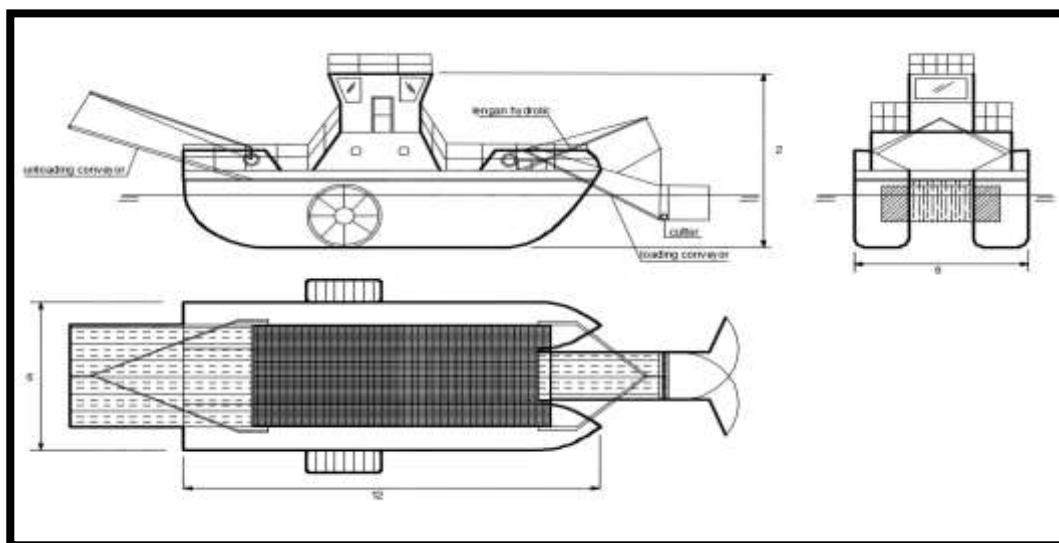
Gambar V.1 Ukuran Ruang Muat Kapal

Pada Gambar V.1 merupakan ukuran ruang muat dapat diperkirakan sebagai dasar penentuan ukuran utama awal kapal. Hasil ukuran ruang muat kapal L (panjang), B (lebar), dan H (tinggi) masing-masing adalah $L = 6$ meter, $B = 2$ meter, dan $H = 0.5$ meter.

Setelah didapatkan ukuran ruang muat, proses selanjutnya adalah menentukan ukuran utama awal kapal. Penentuan ukuran utama awal kapal juga tak lepas dari data-data yang telah disajikan pada Tabel V.3. Rekapitulasi ukuran utama awal kapal dapat dilihat pada Tabel V.5 sebagai berikut:

Tabel V.5 Rekapitulasi Ukuran Utama Awal Kapal

Ukuran Utama Awal Kapal	Nilai
Panjang	10
Lebar	6
Tinggi	2
Sarat	1



Gambar V.2 Layout Awal Kapal

Dari Gambar V.2 didapatkan hasil layout ukuran utama awal kapal, ukuran utama awal di atas bersifat sementara karena pada proses-proses selanjutnya akan dioptimisasi berdasarkan aspek-aspek teknis yang ditinjau. Untuk perhitungan ruang muat lebih jelas dapat dilihat di Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.4. Metode Optimasi 256 dan Penentuan Ukuran Utama Kapal yang Optimum

Setelah mendapatkan ukuran utama awal kapal langkah selanjutnya adalah mengoptimisasi ukuran utama awal kapal menggunakan metode 256. Seperti yang telah dibahas dalam Bab II.2.1.8, Variabel dalam perhitungan optimasi 256 ini antara lain L , B , T , dan H . Selain itu *constrain* (batasan) pada perhitungan optimasi 256 ini adalah nilai *Froude Number* (F_r), L/B , B/T , T/H , *freeboard*, *trim* dan stabilitas serta koreksi *displacement* yang sudah memenuhi kriteria yang disyaratkan. Sedangkan *objective function* pada perhitungan optimasi 256 ini adalah biaya pembangunan yang paling ekonomis. Cara untuk mendapatkan *Froude Number* telah dijelaskan dalam Bab II.1.11, sedangkan nilai L/B , B/T , T/H dapat diperoleh dari perbandingan nilai pada ukuran utama awal. Pada Tabel V.6 berikut merupakan nilai *ratio* yang telah didapatkan sebelumnya:

Tabel V.6 *Ratio* Perbandingan Ukuran Utama Awal

<i>Ratio</i>	Nilai
<i>Froude Number</i> (F_r)	0.2078
L_0/B_0	1.67
B_0/T_0	6.00
T_0/H_0	0.50

Dengan adanya variabel pendukung di atas, maka metode optimisasi 256 dapat dilakukan. Tujuan metode 256 dilakukan adalah untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal berdasarkan aspek-aspek teknis yang ditinjau dan biaya pembangunan kapal yang paling murah. Dalam operasinya, metode 256 dapat menghasilkan 256 ukuran utama kapal yang dipersentasekan pada batas atas dan batas bawah dari ukuran utama awal kapal yang telah diperoleh (variasi penambahan sebesar x %). Persentase batas atas metode 256 yang dipakai bernilai -1,667 % dan -5 %. Begitu juga pada persentase batas bawah metode 256 bernilai 1,667 % dan 5 %. Penjabaran tentang variasi penambahan sebesar x % dijelaskan pada Gambar V.3 berikut ini:

X	$F_{n0} + X\%$	X	$L_0/B_0 + X\%$	X	$B_0/T_0 + X\%$	X	$T_0/H_0 + X\%$
-5.00%	0.1974	-5.00%	1.5833	-5.00%	5.7000	-5.00%	0.4750
-1.667%	0.2043	-1.667%	1.6389	-1.667%	5.9000	-1.667%	0.4917
1.667%	0.2112	1.667%	1.6945	1.667%	6.1000	1.667%	0.5083
5.00%	0.2181	5.00%	1.7500	5.00%	6.3000	5.00%	0.5250

Gambar V.3 Variasi Penambahan Sebesar X %

Kemudian dari variasi penambahan tersebut, diperoleh nilai F_{n0} , L_0/B_0 , B_0/T_0 , T_0/H_0 masing-masing sebanyak 4 (empat) nilai. Dari nilai-nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk mendapatkan ukuran utama kapal sebanyak 256 ukuran utama. Untuk perhitungan metode 256 yang lebih mendetail dapat dilihat dalam Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis. Gambar V.4 berikut merupakan uraian perhitungan singkat dari metode 256 yang telah dibuat *spreadsheet*-nya menggunakan *Microsoft Excel*.

METODE OPTIMASI 256															
Variasi Ukuran Utama :								Variasi pertambahan X%							
$F_{n0} + X\%$	$L_0/B_0 + X\%$	$B_0/T_0 + X\%$	$T_0/H_0 + X\%$	F_{n0}	L_0/B_0	B_0/T_0	T_0/H_0	X	$F_{n0} + X\%$	X	$L_0/B_0 + X\%$	X	$B_0/T_0 + X\%$	X	$T_0/H_0 + X\%$
0.1974	1.5833	5.7000	0.4750	0.2078	1.67	6.00	0.50	-5.00%	0.1974	-5.00%	1.5833	-5.00%	5.7000	-5.00%	0.4750
0.2043	1.6389	5.9000	0.4917	0.2078	1.67	6.00	0.50	-1.667%	0.2043	-1.667%	1.6389	-1.667%	5.9000	-1.667%	0.4917
0.2112	1.6945	6.1000	0.5083	0.2078	1.67	6.00	0.50	1.667%	0.2112	1.667%	1.6945	1.667%	6.1000	1.667%	0.5083
0.2181	1.7500	6.3000	0.5250	0.2078	1.67	6.00	0.50	5.00%	0.2181	5.00%	1.7500	5.00%	6.3000	5.00%	0.5250

Optimasi 256 :															
No	F_n	L	B	Bf	S	T	H	Cb	Cm	Cp	Cwp	LCB (%)	LCB (m)	\bar{n} (m ³)	D (ton)
241	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.9093	1.9143	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	30.7161
242	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.9093	1.8494	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	30.7161
243	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.9093	1.7888	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	30.7161
244	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.9093	1.7320	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	30.7161
245	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8785	1.8494	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	29.6749
246	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8785	1.7867	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	29.6749
247	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8785	1.7282	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	29.6749
248	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8785	1.6733	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	29.6749
249	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8497	1.7888	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	28.7018
250	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8497	1.7282	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	28.7018
251	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8497	1.6715	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	28.7018
252	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8497	1.6184	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	28.7018
253	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8227	1.7320	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	27.7907
254	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8227	1.6733	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	27.7907
255	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8227	1.6184	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	27.7907
256	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8227	1.5671	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	27.7907

Gambar V.4 Perhitungan Metode Optimasi 256

Pada Gambar V.4, setelah sebanyak 256 ukuran utama kapal didapatkan dengan menggunakan metode 256, maka proses selanjutnya adalah menghitung aspek-aspek teknis berupa hambatan, propulsi, berat, *freboard*, trim, stabilitas dan biaya pembangunan kapal. Dalam menentukan ukuran utama kapal yang optimal, *Objective Function* yang ditentukan adalah berdasarkan biaya pembangunan kapal yang paling murah. Setelah dilakukan perhitungan teknis dan ekonomis, maka didapatkan biaya pembangunan kapal yang paling ekonomis seperti pada Gambar V.5:

Total Harga Kapal Akhir			DIPILIH
Total Biaya Pembangunan	Total Biaya Koreksi	Total Harga Kapal	
Awal (Rupiah)	Keadaan Ekonomi Rupiah)		
910916988.5	364366795.4	1275283784	
910916988.5	364366795.4	1275283784	
858628305.3	343451322.1	1202079627	
858628305.3	343451322.1	1202079627	
858628305.3	343451322.1	1202079627	
858628305.3	343451322.1	1202079627	

Gambar V.5 Biaya Pembangunan Kapal yang Dipilih

Pada Gambar V.5 merupakan biaya pembangunan kapal yang dipilih, ukuran utama kapal tersebut dipilih karena aspek-aspek teknis sudah memenuhi kriteria yang diisyaratkan dan memiliki biaya pembangunan kapal yang paling murah, sehingga nilai ukuran utama yang didapatkan dari perhitungan optimasi 256 yang meliputi nilai *Length of Water Line* (L_{wl}), *Breadth* (B), *Sarat* (T), dan *Tinggi* (H) dapat dilihat pada Tabel V.7 berikut:

Tabel V.7 Hasil Rekapitulasi Ukuran Utama dari Perhitungan Optimasi 256

Item	Value	
<i>Length of Water Line</i> (L_{wl})	9,2	m
<i>Breadth</i> (B)	6	m
<i>Draft</i> (T)	0.7	m
<i>Height</i> (H)	1.73	m
<i>LCB length</i>	-0.242	midship
<i>LCF length</i>	-0.203	midship
<i>LCB %</i>	-2.622	midship

V.1.5. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang sesuai dan dibutuhkan oleh kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh pemilik kapal sesuai *owner requirement*. Untuk menghitung hambatan kapal digunakan rumus dari (Insel, 1992). Dalam *paper* ini, hambatan kapal dipengaruhi oleh besarnya nilai WSA kapal, dan koefisien hambatan total kapal.

Komponen hambatan yang dialami oleh kapal berlambung katamaran lebih kompleks dikarenakan adanya efek interferensi antar kedua lambungnya, yaitu:

1. *Viscous interference resistance* (interferensi viskositas)

Adalah aliran di sepanjang *demihull* simetris berbentuk tidak simetris akibat pengaruh keberadaan *demihull*.

2. *Wave making interference resistance* (interferensi gelombang)

Adalah hasil dari buah lambung yang bergerak sejajar, efek interferensi pada hambatan gelombang akan sangat berpengaruh.

Hambatan total pada katamaran harus dikalikan dua, mengingat katamaran memiliki dua lambung yang identik.

Rumus untuk menghitung kapal jenis katamaran menggunakan rumus yang diberikan oleh (Insel, 1992). Berikut rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung hambatan kapal:

$$R_t = 0,5 \rho \times WSA \times v^2 \times 2 C_{tot} \quad (5.6)$$

Dimana:

ρ	=	massa jenis fluida	=	1000 kg/m ³
WSA	=	luas permukaan basah		
V	=	kecepatan kapal	=	2.572 m/s
C_{tot}	=	koefisien hambatan total		

Dalam perhitungan ini, hambatan total yang dihitung adalah untuk kecepatan maksimum kapal (V_{max}). Hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya mesin maksimal yang digunakan nantinya.

$$C_{tot} = (1 + \beta k) \times C_f + \tau \times C_w \quad (5.7)$$

Dimana:

$(1 + \beta k)$	=	<i>Catamaran viscous resistance interference</i>
C_f	=	<i>Viscous resistance</i>
τ	=	<i>Catamaran wave resistance interference</i>
C_w	=	<i>Wave resistance</i>

1. *Viscous Resistance (ITTC 1957)*

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge Hull*, maka harga $(1 + \beta k)$ dapat ditentukan dari interpolasi harga β dari 3 model yaitu C3, C4, dan C5 yang diperoleh Insel – Molland. Interpolasi dilakukan dengan variasi S/B_1 dari tiap model kapal. S adalah lebar demihull, B_1 adalah lebar satu lambung dan L adalah Panjang kapal. diketahui sebagai berikut:

$$S/B_1 : 2.5$$

$$L/B_1 : 7.1$$

Tabel V.8 Hasil interpolasi *viscous resistance* dari faktor S/B_1 dengan L/B_1

S/B ₁						
β	1	2	3	4	5	L/B ₁
	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	7
	1.6	1.57	1.54	1.52	1.5	9
	2.35	2.32	2.29	2.27	2.25	11
β	S/B ₁					
	2	3	2.5			
	1.32	1.32	1.32	Untuk L/B ₁ = 7		
	1.57	1.54	1.553	Untuk L/B ₁ = 9		
β	L/B ₁					
	7	9	7.1			
	1.32	1.553	1.328			

Pada Tabel V.8 merupakan hasil interpolasi *viscous resistance* dari faktor S/B_1 dengan L/B_1 untuk mendapatkan harga β . Dari tabel yang diperoleh Insel-Molland, untuk tiap harga L/B_1 dibandingkan dengan harga S/B_1 kemudian diinterpolasi. Dari perhitungan diatas didapatkan harga β yang diambil adalah 1.329. Sedangkan untuk harga faktor bentuk $(1 + k)$ didapat dari interpolasi sebagai berikut:

Tabel V.9 Perhitungan harga $(1+\beta k)$

Model	C_3	C_4	
L/B_1	7	9	7.076
$(1+k)$	1.45	1.3	1.444
$(1+\beta k)$	$(\beta \times (1+k)) - \beta + 1$		
	1.590		

Pada Tabel V.9 merupakan perhitungan harga bentuk $(1+\beta k)$ dengan cara interpolasi faktor L/B_1 dan $(1+k)$ berdasarkan model kapal sesuai dengan yang diperoleh Insel-Molland. Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan harga $(1+\beta k)$ sebesar 1.590 yang kemudian harga ini digunakan untuk menghitung C total.

2. Catamaran Wave Resistance Interference (τ)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga τ dapat ditentukan dari interpolasi disesuaikan dengan harga S/L , F_r , dan L/B_1 sebagai berikut:

$$S/L : 0.36$$

$$L/B_1 : 7.1$$

$$F_r : 0.218$$

Tabel V.10 Perhitungan harga τ dengan interpolasi dari faktor S/L dan F_r

		(S/L) ₁ = 0.2		(S/L) ₂ = 0.3	
		F _n		F _n	
τ	0.2	0.3	0.2	0.3	L/B ₁
	0.85	1.18	1.25	1.4	7
	0.68	1	0.85	1	9

τ	$(S/L)_1 = 0.2$			$(S/L)_1 = 0.2$		
	F_n			F_n		
	0.2	0.3	0.211	0.2	0.3	0.211
	0.85	1.18	0.887	1.25	1.4	1.267
	0.68	1	0.716	0.85	1	0.867

F_n	0.211	0.211	0.211	
S/L	0.2	0.3	0.360	
	0.887	1.267	1.494	Untuk harga $L/B_1 = 7$
	0.716	0.867	0.957	Untuk harga $L/B_1 = 9$

F_n	0.211	0.211	0.211
S/L	0.360	0.360	0.360
L/B_1	7	9	7.077
τ	1.494	0.957	1.473

Pada Tabel V.10 merupakan hasil interpolasi dari faktor S/L dengan F_r untuk mencari harga τ . Untuk S/L tiap harga L/B_1 didapatkan harga F_r kemudian harga ini diinterpolasi sehingga didapatkan harga τ sebesar 1.473.

3. Wave Resistance (C_w)

Harga C_w dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel-Molland sebagai berikut:

$$L/B_1 : 7.077$$

$$F_r : 0.218$$

Tabel V.11 Hasil perhitungan C_w dengan interpolasi dari faktor L/B_1

C_w	F_n		
	0.2	0.3	L/B_1
	0.0012	0.0023	7
	0.0008	0.0020	9

C_w	F_n		
	0.2	0.3	0.218
	0.0012	0.0023	0.0014
	0.0008	0.0020	0.0010

F_n	0.218	0.218	0.218
L/B_1	7	9	7.076
C_w	0.0014	0.0010	0.0014

Pada Tabel V.11 merupakan perhitungan interpolasi dari model yang diperoleh oleh Insel-Molland dengan faktor L/B_1 dan F_r , sehingga didapatkan nilai C_w yang diambil pada F_r 0.218 adalah 0.0014

Sehingga nilai C total dapat dicari sebagai berikut:

$$C_{tot} = (1+\beta k) \times C_f \times C_w \quad (5.8)$$

$$C_{tot} = 0.0064$$

Dari harga C_{total} ini kemudian dapat dicari harga WSA kapal dengan rumus:

$$WSA = (N/B_1) ((1.7/(C_b-(0.2(C_b-0.65)))) + (B_1/T)) \quad (5.9)$$

Kemudian didapatkan harga WSA kapal untuk satu lambung sebesar 37.6345 m². Karena kapal katamaran memiliki dua lambung maka WSA satu lambung dikalikan dua, sehingga WSA total adalah 75.2691 m².

Setelah didapatkan WSA total kapal maka perhitungan terakhir untuk mencari hambatan R_t , adalah:

$$R_t = 0.5 \times \rho \times WSA \times V \times C_{tot} \quad (5.10)$$

$$R_t = 1605.572 \text{ N}$$

$$R_t = 1.60557 \text{ KN}$$

Tabel V.12 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Hambatan

No.	Elemen <i>Resistance</i>	Nilai
1.	C_f	0.002771
2.	C_w	0.0014
3	C_{tot}	0.0071
4	WSA	75.2691 m ²
5	R_t	1.779 KN

Dari Tabel V.12 hasil R_t ini nantinya akan digunakan untuk pemilihan kapasitas mesin dengan membandingkan besar R_t yang sudah didapat.

V.1.6. Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Kapal

Setelah nilai hambatan total kapal diketahui, maka tahap selanjutnya adalah menghitung daya yang dibutuhkan kapal yang digunakan untuk memilih *main engine*. Seperti yang telah dibahas dalam Bab II.1.6, bahwa dalam menghitung daya yang dibutuhkan oleh kapal khususnya kapal yang menggunakan sistem propulsi *Paddle Wheel*, terdapat beberapa elemen yang harus dicari. Elemen-elemen tersebut meliputi *Effective Horse Power* (EHP), dan *Brake Horse Power* (BHP). Berikut rumus-rumus untuk mencari elemen-elemen tersebut:

1. *Effective Horse Power*

EHP merupakan daya yang dibutuhkan untuk melawan hambatan yang terjadi pada kapal sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga EHP:

$$EHP = R_t \times V_s \quad (5.11)$$

Dimana:

EHP = *Effective Horse Power* (HP) / (kW)

R_t = Hambatan total kapal (kN)

V_s = Kecepatan dinas kapal (m/s)

2. *Brake Horse Power* (BHP)

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin penggerak utama yang telah melewati sistem transmisi. Daya BHP yang dibutuhkan lebih besar dari EHP akibat adanya pengurangan daya yang diakibatkan pengurangan efisiensi transmisi. Untuk mendapatkan harga BHP dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$BHP = (EHP + 18\% EHP) / \eta_D \quad (5.12)$$

Dimana:

BHP = *Break Horse Power* (HP) / (kW)

η_D = Efisiensi *blade*, ITTC (ref: *Ship design and performance for master*)
= 0.925

Setelah nilai-nilai variabel di atas didapatkan, maka elemen-elemen *Horse Power* dapat dihitung. Rekapitulasi hasil *Horse Power* disajikan dalam berikut ini:

Tabel V.13 Rekapitulasi Hasil Perhitungan *Horse Power*

No.	Elemen <i>Horse Power</i>	Nilai (kW)
1.	<i>Effective Horse Power</i> (EHP)	3.662 kW
2.	<i>Brake Horse Power</i> (BHP)	2.336 kW

Dari Tabel V.13 elemen *Horse Power* di atas, maka didapatkan nilai BHP sebesar 2.366 kW untuk menggerakkan satu *paddlewheel* atau jika dikonversi ke dalam satuan *Horse Power* sama dengan 3.18 HP. Nilai dari BHP ini nantinya akan digunakan untuk memilih jenis *main engine* yang spesifikasinya berdasarkan nilai tersebut. Untuk perhitungan tentang daya yang dibutuhkan oleh kapal secara detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.7. Pemilihan Mesin, Baterai dan Generator

Penentuan motor listrik terdapat dua jenis motor listrik, yakni *inboard* dan *outboard*. Hal-hal yang harus diperhatikan untuk memilih salah satu dari dua jenis motor listrik tersebut ialah:

1. Pengaruh berat motor listrik terhadap sarat kapal, dari hasil riset sebelumnya motor listrik *inboard* lebih berat.
2. Dimensi dari motor listrik apakah sesuai dengan kapasitas ruangan yang tersedia. Motor listrik *outboard* tidak perlu ruangan khusus.
3. Harga dari motor listrik. Motor listrik *inboard* lebih murah
4. Instalasi motor listrik. Instalasi motor listrik *inboard* lebih rumit
5. Rencana jangka panjang dalam hal perawatan dari motor listrik. Perawatan motor listrik *inboard* lebih rumit dan memerlukan pengedokan.

Untuk motor listrik jenis *inboard* dengan kapasitas 3.5 kW saja, membutuhkan ruangan minimal 1x1 m2. Sedangkan untuk motor listrik dengan daya sekitar 2.7 kW setidaknya membutuhkan kapasitas ruangan sedikit lebih kecil. Di samping itu, masih harus disediakan ruang kosong lebih untuk instalasi komponen lain motor listrik *inboard* yang belum jadi satu dengan motor utama. Sehingga, berdasarkan beberapa alasan tersebut, motor listrik yang dipilih untuk tahap awal ini ialah jenis *inboard* karena kapal ini direncanakan menggunakan sistem *Paddle Wheel*.

MGFRK 132-22													
Technical data													
Data refers to: - Form factor - Enclosure - Cooling (forced ventilation) - Continuous operation - Insulation class						F _p = 1.05 IP 54 IC 0441 S1 F							
Total weight Inertia						m = 83 kg J = 0.0431 kgm ²							
Field excitation						U _f = 220 V I _f = 1.1 A U _z = 360 V I _z = 0.6 A							
A-side bearing B-side bearing						6308-2RS-C3 6308-2RS-C3							
Carbon brushes						a) 10 x 16 x 20 b) 10 x 12.5 x 20							
Permissible shaft load for 1/2 and n ₂ - reinforced bearing						F _r = 2200 N F _a = 1100 N F _m = 4500 N							
Fan variant						220-240 V, 50-60 Hz, 0.55 A 380-460 V, 50-60 Hz, 0.22 A							
Cooling variant						IC 0641/0741							
Cooling air volume Pressure drop						220 m ³ /h 6.8 Pa							
P	Speed n at voltage				n _p	n _{max}	M	I _{act}	I _{max}	I _a	R _{125°}	Carbon brushes	
kW	min ⁻¹				min ⁻¹		Nm	A	A	mA	Ω	Quantity	Variant
1.6	280 V	420 V	460 V	—	1600	4000	29.2	7.7	24	70.0	7.28	4	a
2.7	—	—	—	—	2650	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
3.0	—	—	1000	—	3000	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
3.1	930	—	—	—	2800	4000	31.5	13.5	40	27.3	2.82	4	a
4.3	—	1450	—	—	4000	4000	31.3	13.5	40	27.3	2.82	4	a
5.4	—	—	1600	—	4000	4000	31.3	13.5	40	27.3	2.82	4	a
4.0	1200	—	—	—	3600	4000	32.3	17.1	52	17.5	1.79	4	a
6.3	—	1900	—	—	4000	4000	32.0	17.1	52	17.5	1.79	4	a
6.8	—	—	2050	—	4000	4000	31.8	17.1	52	17.5	1.79	4	a
5.0	1450	—	—	—	4000	4000	32.5	20.7	62	13.9	1.23	4	a
7.7	—	2300	—	—	4000	4000	32.4	20.7	62	13.9	1.23	4	a
8.4	—	—	2500	—	4000	4000	31.9	20.7	62	13.9	1.23	4	a
8.2	1850	—	—	—	4000	4000	32.0	25.5	78	7.6	0.789	4	a
9.6	—	2900	—	—	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a
10.6	—	—	3200	—	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a

(Sumber: <http://www.lenze.com/news/catalog>, 2017)

Gambar V.6 Spesifikasi *Main Engine*

Pada Gambar V.6 merupakan spesifikasi dari mesin yang akan digunakan, mesin memiliki merk Lenze dengan type MGFRK 132-22 dengan kapasitas mesin sebesar 3.7 Hp dan memiliki berat 84 Kg. Karena kapal ini direncanakan menggunakan sistem propulsi *paddlewheel* maka mesin direncanakan dipasang 2 buah di kanan dan dikiri. Spesifikasi mesin yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran E Katalog. Pada Tabel V.14 berikut rekapitulasi dari karakteristik mesin yang akan direncanakan:

Tabel V.14 Rekapitulasi karakteristik mesin utama yang direncanakan

Merk	<i>Lenze</i>	
Tipe	<i>MGRFK 132-22</i>	
Daya	3.7	Hp
Power	2.7	kW
Berat	84	Kg

Selain pemilihan mesin, pemilihan baterai elektrik dan generator juga harus dipertimbangkan dalam proses memilih, karena kapal ini menggunakan tipe motor DC yang sumber penggerakannya dari *accu* atau baterai. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik. Untuk motor listrik *Lenze MGFRK 132-22*, baterai yang sesuai dengan karakteristik motor listrik tersebut telah disediakan yakni baterai tipe *Elco E-Power Electric Performance*



E-POWER ELECTRIC PERFORMANCE	
Cruising speed*	4 - 5.5 knots
Cruising time*	9 - 4 hours
Cruising range*	39 - 21 nm
Recharging time standard charger*	3 - 4 hours
Recharging time quick charger*	2 - 3 hours
Number of 12 volt 8-D batteries (245 Ah)	3 batteries
Battery bank voltage in total	36 vdc
Amps (maximum)	70 amps
Kilowatts (peak output kW rating)	4.4 kW
Kilowatts (continuous output kW rating)	2.5 kW
Charger	Elcon PFC 1500
Quick charger (optional)	Elcon PFC 2000

(Sumber: <http://www.elcopower.com/news/catalog>, 2017)

Gambar V.7 Spesifikasi Baterai

Gambar V.7 merupakan spesifikasi baterai yang akan digunakan untuk menggerakkan motor DC. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik. Untuk motor listrik *Lenze MGFRK 132-22*, baterai yang sesuai dengan karakteristik motor listrik tersebut telah disediakan yakni baterai tipe *Elco E-Power Electric Performance*. Karena motor listrik yang digunakan ada 2 unit, maka baterainya juga dua. Sebab, satu baterai tipe *Elco E-Power Electric*

Performance didesain untuk satu motor listrik. Tabel V.15 adalah rekapitulasi karakteristik yang dimiliki oleh baterai sebagai berikut:

Tabel V.15 Karakteristik untuk 2 Baterai *Elco E-Power Electric*

Item	Nilai	Satuan
Kapasitas	8.8	kW
Tegangan	72	Volt
Arus	140	A
Berat	200	Kg

Setelah pemilihan mesin dan baterai selesai, maka langkah selanjutnya adalah pemilihan generator untuk peralatan dan mesin itu sendiri.

1. Perhitungan daya motor listrik untuk *conveyor*

Conveyor yang digunakan merupakan *Conveyor Modules* dengan jenis *Interroll Belt Conveyor*. Berikut kebutuhan daya yang diperlukan untuk menggerakkan *conveyor*:

a. *Loading conveyor*

Loading conveyor direncanakan menggunakan tipe BM 8444, Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 3 kW untuk menggerakkan motor

b. *Storage Conveyor*

Storage conveyor direncanakan menggunakan tipe BM 8420, Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 1.1 kW untuk menggerakkan motor

c. *Offloading Conveyor*

Storage conveyor direncanakan menggunakan tipe BM 8420, Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 1.1 kW untuk menggerakkan motor

Maka total daya genset yang diperlukan untuk memutar *conveyor* sebesar 5.2 kW.

2. Perhitungan daya untuk *winch*

Winch direncanakan sebagai penggerak lengan hidrolik pada *Loading Conveyor* dan *Offloading Conveyor*, dalam menggerakkan *winch* juga dibutuhkan genset yang memiliki spesifikasi daya yang sesuai. Maka dari itu berikut rumus perhitungan daya yang dibutuhkan *winch* menurut Hary Prasetyo (2008):

- Gaya Tarik *Winch Barrel*

$$T_b = \frac{P+Q}{p \times K} \quad (5.13)$$

dimana,

P = Berat total *spud* yang ditarik (ton)

$Q = \text{Berat } cargo \text{ hook dan schackle } (2,2 \sim 2,8) \times P$

$p = \text{efficiency + pulley, diambil } 1$

$K = \text{safety factor, diambil } 0,85$

- Diameter *Winch Barrel*

$$D_{bd} = D_b + d_r (2z - 1) \quad (5.14)$$

dimana,

$D_b = \text{Diameter drum, maksimum } 0,4 \text{ meter}$

$d_r = \text{Diameter tali} = D_b / 17$

$z = \text{jumlah lilitan tali pada drum, diambil } 4 \text{ lilitan}$

- Torsi Yang Ditimbulkan Pada *Shaft Barrel*

$$M_{bd} = 0.5 \times D_{bd} \times T_b / b \quad (\text{ton.m}) \quad (5.15)$$

dimana,

$b = \text{efficiency winch barrel, diambil } 0,8$

- Overall Gearing Ratio

$$I_{wd} = N_m / N_{bd} \quad (5.16)$$

dimana,

$N_m = \text{Putaran poros motor listrik } (500-3000) \text{ rpm, diambil } 1000 \text{ rpm}$

$N_{bd} = \text{Kecepatan putar barrel} = 19.1 (V_{td} / D_{bd})$

$V_{td} = \text{kecepatan mengangkat beban } (0.33 - 0.5) \text{ m/s, diambil } 0,5 \text{ m/s}$

- Torsi Motor Penggerak

$$M_{md} = M_{bd} + (I_{wd} + W_d) \quad (\text{ton.m}) \quad (5.17)$$

dimana,

$W_d = \text{efisiensi keseluruhan } (0.65-0.75), \text{ diambil } 0,75$

- Total Tenaga *Winch*

$$N_e = M_{md} \times N_m / 71620 \quad (\text{HP}) \quad (5.18)$$


Dari rumus yang telah diberikan diatas, diperoleh rekapitulasi data seperti yang disajikan dalam Tabel V.16 sebagai berikut:

Tabel V.16 Rekapitulasi perhitungan Daya Mesin dan Peralatan

No.	Variabel	Nilai
1.	Gaya Tarik <i>Winch Barrel</i> (T_b)	0.75 kN
2.	Diameter <i>Winch Barrel</i> (D_{bd})	0.471 m
3.	Torsi Yang Ditimbulkan Pada <i>Shaft Barrel</i> (M_{bd})	0.221 ton.m
4.	<i>Overall Gearing Ratio</i> (I_{wd})	98.534
5.	Torsi Untuk Motor Penggerak (M_{md})	99.455 ton.m
6.	Total daya yang diperlukan <i>Winch</i> (N_e)	2.45 kW
7	Total daya yang diperlukan <i>Conveyor</i>	5.2 kW
8	Total daya yang diperlukan motor	2.7 kW
9	Total daya yang dibutuhkan mesin & peralatan	10.35 kW

Dari total daya yang dibutuhkan generator untuk menggerakkan semua peralatan dan mesin didapatkan daya sebesar 10.35 kW, maka dari itu dibutuhkan genset yang mampu memenuhi daya sebesar kebutuhan tersebut, sehingga dipilihlah genset merk *Caretepillar* dengan spesifikasi yang disajikan pada Gambar V.8 berikut:

C2.2



RATINGS AND FUEL CONSUMPTION


	Open Set		asp.	rpm	U.S. gph	
	ekW @ 1.0 psi	kV-A				l/h
80 Hertz	21.0	26.0	N/A	1800	1.63	6.3
50 Hertz	17.3	22.0	N/A	1300	1.37	5.2

Open Set

	ekW	kV-A	asp.	rpm	U.S. gph	l/h
80 Hertz	21.5	21.5	N/A	1800	1.63	6.3
50 Hertz	18.0	18.0	N/A	1300	1.37	5.2

*Full gas reflects SAE standards. Full gas reflecting (90) standards is typically 2-3% less.
C2000 just a rougher representation for details.*

3054



RATINGS AND FUEL CONSUMPTION



	Open Set		asp.	rpm	U.S. gph	
	ekW @ 1.0 psi	kV-A				l/h
80 Hertz	40	50	N/A	1800	3.3	12.5
50 Hertz	34	43	N/A	1300	2.8	10.3

Open Set

	ekW	kV-A	asp.	rpm	U.S. gph	l/h
80 Hertz	37	37	N/A	1800	3.3	12.5
50 Hertz	32	32	N/A	1300	2.7	10.4



*Full gas reflects SAE standards. Full gas reflecting (90) standards is typically 2-3% less.
C2000 just a rougher representation for details.*

	L in/mm	H in/mm	WE in/mm
Open Set	45/1147	32/825	20.5/521
Enclosed Set	46/1170	32/825	24/608

In-Line 4-Stroke Cycle Diesel
 Bore x Stroke 5.31 x 3.94 in
 Displacement 1.85 cu in
 Rotation (from flywheel end) Counter-clockwise
 Horsepower net output (approx) 9.5/1107 ft-lb

	LE in/mm	LB in/mm	H in/mm	WE in/mm
min.	N/A	54.9/1394	46.7/1186	28.9/735
max.	N/A	54.9/1394	46.7/1186	28.9/735

In-Line 4-Stroke Cycle Diesel
 Bore x Stroke 5.63 x 4.0 in
 Displacement 2.45 cu in
 Rotation (from flywheel end) Counter-clockwise
 Horsepower net output (approx) 13.7/1397 ft-lb

(Sumber: <http://www.nola.com/news/gulf-oil-spill>, 2017)

Gambar V.8 Spesifikasi *Generator Set*

Pada Gambar V.8 didapatkan spesifikasi generator set bermerk *Cartepillar* model C2.2 dengan spesifikasi daya sebesar 18 kW dan berat 100 Kg. Pada kapal ini direncanakan dua

genset berarus AC untuk menggerakkan mesin dan peralatan pada kapal. Untuk gambar yang lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran E Katalog.

Sedangkan pemilihan motor listrik untuk menggerakkan *conveyor* dan *winch*, dipilih dari katalog motor listrik produk Toshiba dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Penggerak *winch* pada *Loading Conveyor* dan *Offloading Conveyor*:
 - Tipe : 0026FTSA21A-P
 - Daya : 5 HP
 - Voltage : 230/460
 - RPM : 1200
- Penggerak *Loading Conveyor* dan *Offloading Conveyor*:
 - Tipe : 0256FTSA21A-P
 - Daya : 3 HP
 - Voltage : 230/460
 - RPM : 1200
- Penggerak *Storage Conveyor*:
 - Tipe : 0506FTSA21A-P
 - Daya : 3 HP
 - Voltage : 230/460

V.1.8. Penentuan Sistem Penggerak *Paddlewheel*

Sistem propulsi pada kapal pembersih ini direncanakan menggunakan sistem *paddle wheel* yang digerakkan oleh motor DC dengan sumber listrik dari baterai/*accu*. Untuk menentukan ukuran dari *paddle wheel* dengan mempertimbangkan tinggi sarat penuh dan tahanan kapal yang telah diketahui dari bentuk lambung kapal.

Pada Gambar V.9 merupakan karakteristik kapal pembersih *Aquatic Plant Harvester Model FXB-11* yang dijadikan sebagai acuan untuk menentukan ukuran dan bentuk *paddle wheel*. Direncanakan bentuk dan ukuran *paddle wheel* menggunakan karakteristik *paddle wheel* yang sudah ada yaitu pada kapal pembersih *Aquatic Plant Harvester Model FXB-11*. Mengingat karakteristik kapal yang sudah ada hampir sama dengan kapal pembersih yang sedang direncanakan ini, maka ukuran *paddle wheel* dapat dijadikan sebagai acuan (*parent ship*).

Dimensions		
Shipping (L.W.X.H)	46'-0" x 12'-0" x 10'-0"	14,03 x 3,66 x 3,05M
Operating (L.W.H) min	46'-0" x 19'-4" x 9'-0"	14,03 x 5,89 x 2,74M
Shipping Weight	18,000 lb.	8165 KG
Hull (Length/Beam)	28'-0" x 12'-0"	8,53 x 3,66
Draft Empty (Unladen/Laden)	13"/24"	33/61 CM
Operators Platform	Open, "High" Version Full Upper Deck	
Cutting Capacity		
Width	11' - 0"	3,35M
Depth	6'-9"	2,06M
Storage Capacity		
Weight	15,000 lb	6805 KG
Volume	1000 Cu. Ft.	28,32 Cu. Meter
Power Plant		
Location	Upper Deck	
Type	Diesel Engine, Air/Oil Cooled	
Power Output	75 hp @ 2500 RPM	56 kW @ 2500 RPM
Fuel Capacity	30 US Gallons	114 Liters
Electric System	12 Volt DC Circuit, Includes Electric Engine Start & Monitoring Gauge Package	
Hydraulic Tank Capacity	65 US Gallons (2 Tanks)	246 Liters
Propulsion		
Type	(2) Bi-directional Paddle Wheels	
Drive Unit	(2) Variable Speed, Independently Controlled Hydraulic/Mechanical Wheel Drives	
Paddle Wheel Size	42" Wide x 60" Diameter	100 cm x 150 cm
Deployment	Hydraulic Power Tilt System for "Up" Transport Position & "Down" Operating Position	

(Sumber: <http://www.alphaboats.com/news/> 2017)

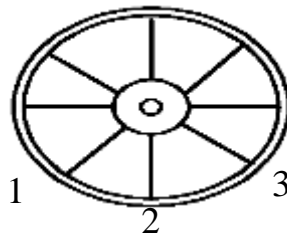
Gambar V.9 Karakteristik Kapal Pembersih *Aquatic Plant Harvester Model FXB-11*

Dari Gambar V.9, dapat ditentukan ukuran *paddle wheel* yang akan digunakan pada kapal kerja ini, ukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel V.17 sebagai berikut:

Tabel V.17 Rekapitulasi Ukuran *Paddle Wheel* yang Digunakan

Kriteria	Satuan
Diameter	1.5 m
Panjang <i>Blade</i>	0.75 m
Lebar <i>Blade</i>	1 m
Berat	540 Kg

Dari bentuk *paddle wheel* yang sudah ditentukan maka gaya-gaya yang terjadi dapat dilihat sebagai berikut seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II.2.5:



Gambar V.10 Bentuk *Blade Paddle Wheel* Yang Direncanakan

Gambar V.10 dari penempatan posisi pusat *paddle wheel* dapat diketahui seberapa luas *blade* yang tercelup air dengan melihat selisih antara panjang *blade* yang tercelup dengan panjang blade seluruhnya:

- Untuk *Blade 1*:

Blade yang tercelup air dengan kemiringan 45° kekiri, maka luas *blade* yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar *paddle wheel* adalah:

$$\begin{aligned} A1 &= \text{Luas yang tercelup} \\ &= 0.3 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Blade* yang tercelup air dengan posisi tegak lurus, maka luas *blade* yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar *paddle wheel* adalah:

$$\begin{aligned} A2 &= \text{Luas yang tercelup} \\ &= 0.75 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Blade* yang tercelup air dengan kemiringan 45° kekanan, maka luas *blade* yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar *paddle wheel* adalah:

$$\begin{aligned} A3 &= \text{Luas yang tercelup} \\ &= 0.3 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari data luasan *blade* yang tercelup diatas maka dapat dihitung gaya yang diperlukan untuk menggerakkan *paddle wheel* sebagai berikut:

$$F = 0,5 p C_d A V_r^2 \quad (5.19)$$

Dimana F adalah gaya pada sebuah *blade* atau sudu, p adalah massa jenis air, C_d adalah *Coeficient of discharge*, A adalah luas *blade* yang tercelup air, dan V_r adalah kecepatan relatif. Luasan sebuah *blade* yang tercelup didalam air tentunya berubah-ubah karena *blade* tersebut berputar dengan pusat rotasinya yaitu poros. Untuk perpindahan sebuah *blade* secara matematisnya adalah dari posisi vertikal dalam air menjadi 90° pada posisi awal. Jika θ adalah besarnya sudut antara pusat kincir dengan perpindahan *blade* yaitu dari $\theta=0$ menjadi $\theta=\theta_1$.

Dari rumusan diatas maka dapat ditentukan total gaya yang diperlukan 3 *blade* untuk menggerakkan *paddle wheel* sebagai berikut:

$$F_{\text{tot}} = 2.162 \text{ N} \times 2.162 \text{ N} \times 12.583 \text{ N} \quad (5.20)$$

$$= 16.908 \text{ N}$$

Total gaya ini nantinya digunakan untuk mencari torsi yang diperlukan untuk menggerakkan *paddle wheel* pada 3 *blade*, yaitu:

$$T_{pw} = F_{tot} \times r \quad (5.21)$$

Dimana $r = 0.75 \text{ m}$

$$= 16.908 \times 0.75$$

$$= 12.68 \text{ Nm}$$

Setelah torsi diketahui maka daya yang dibutuhkan untuk memutar *paddle wheel* adalah:

$$P = (2 \times \pi \times N_{pw} \times T_{pw}) / 60 \times n \quad (5.22)$$

Dimana:

$$\pi = 3.14$$

$$N_{pw} = 250 \text{ rpm}$$

$$n = \text{jumlah Blade}$$

$$P = (2 \times 3.14 \times 250 \times 12.68) / 60 \times 3$$

$$= 995.476 \text{ Watt}$$

$$= 0.995 \text{ Kw}$$

$$= 0.73 \text{ HP untuk satu paddle wheel}$$

$$= 1.46 \text{ HP untuk dua paddle wheel}$$

Jadi untuk bentuk *paddle wheel* seperti Gambar V.10 memerlukan daya sebesar 1.46 HP untuk dapat menggerakkan kapal dengan kecepatan 4 knot sesuai yang direncanakan. Karena mesin yang digunakan memiliki daya 3.7 HP, maka mesin ini sangat memenuhi kriteria untuk dapat memutar *paddle wheel* sesuai kecepatan yang sudah ditentukan. Untuk lebih jelasnya perhitungan *paddle wheel* secara detail dapat dilihat dalam Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.9. Perhitungan Berat dan Titik Berat

Proses selanjutnya adalah menghitung berat dan titik berat kapal. Seperti yang telah dibahas pada Bab II.1.7, perhitungan berat dan titik berat kapal pada Tugas Akhir ini menggunakan metode pos per pos untuk tiap elemen LWT dan DWT. Pos per pos ini digunakan untuk menghitung berat kapal kosong (*Lightweight Tonnage*). Untuk komponen-komponen lainnya cukup di rekapitulasi berdasarkan nilai berat, *Longitudinal Center of Gravity* (LCG), dan *Vertical Center of Gravity* (VCG) masing-masing komponen. Untuk menghitung berat dan titik berat kapal kosong, dibutuhkan sedikit perhitungan konstruksi setiap bagian kapal.

V.1.9.1. Perhitungan Konstruksi

Perhitungan konstruksi kapal menggunakan dasar *Rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia *Volume II Rules For Hull*. Sebagai catatan, perhitungan konstruksi pada Tugas Akhir ini hanya bersifat asumsi karena perhitungan pada tahap konsep desain hanyalah sebatas pendekatan. Perhitungan konstruksi secara detail dapat dilakukan apabila telah memasuki tahap *Preliminary Design*. Berikut penjabaran rumus yang digunakan dalam perhitungan konstruksi kapal:

a. Pembebanan

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5.23)$$

dan,

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5.24)$$

Dimana,

P_0 = Basic external dynamic load

P_{01} = For wave directions transverse the ship's heading

C_b = Block Coefficient

C_0 = Wave coefficient

$$\begin{aligned} & \left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] c_{RW} && \text{for } L < 90 \text{ m} \\ & \left[10,75 - \left[\frac{300 - L}{100} \right]^{1,5} \right] c_{RW} && \text{for } 90 \leq L \leq 300 \text{ m} \\ & 10,75 \cdot c_{RW} && \text{for } L > 300 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.25)$$

C_L = Length coefficient

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{L}{90}} && \text{for } L < 90 \text{ m} \\ & 1,0 && \text{for } L \geq 90 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.26)$$

f = Probability factor

= 1,0 , for plate panels

= 0,75 , for stiffeners

= 0,60 , for girders

C_{RW} = Service range coefficient

= 1,00 , for unlimited service range

= 0,90 , for service range P

= 0,75 , for service range L

= 0,60 , for service range T

Tabel V.18 *Distribution factors* C_F dan C_D

	Range	Factor C_D	Factor C_F
A	$0 \leq x/L < 0,2$ $x/L = 0.100$	$1,2 - x/L$ $C_D = 1.100$	$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$ $C_F = 2.000$
	$0,2 \leq x/L < 0,7$ $x/L = 0.450$	1 $C_D = 1$	1 $C_F = 1$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$ $x/L = 0.850$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$ $c = 0,15 \cdot L - 10$ $C_D = 1.250$	$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$ $C_F = 1.900$

Pada Tabel V.18, merupakan *distribution factor* C_F dan C_D sesuai jarak *After*, *Midship*, dan *Fore* kapal. Berikut dijabarkan hasil rekapitulasi nilai variabel pembebanan pada Tabel V.19:

Tabel V.19 Nilai Variabel Pembebanan

No.	Variabel Pembebanan	Nilai
1.	C_L	0.315
2.	C_b (<i>Block Coefficient</i>)	0,5
3.	C_{RW} (<i>Sheltered Shallow Water Service</i>)	0,60
4.	C_0	2,674
5.	C_F	A = 2
		M = 1,00
		F = 1,9

Setelah nilai variabel pembebanan didapatkan, maka beban kapal dapat dihitung sesuai dengan rumus yang telah diberikan sebelumnya. Berikut rekapitulasi hasil pembebanan P_B , dan P_0 masing-masing dijelaskan dalam Tabel V.20 dan Tabel V.21

Tabel V.20 Rekapitulasi Nilai Pembebanan P_0 dan P_{01}

Pembebanan P_0 dan P_{01}	Nilai (kN/m^2)
P_0 untuk pelat	1.27 kN/m^2
P_0 untuk penegar	0.95 kN/m^2
P_0 untuk penumpu	0.76 kN/m^2
P_{01}	2.62 kN/m^2

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5.27)$$

dan,

$$P_{B1} = 10 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \cdot |y|/B \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5.28)$$

dimana,

P_B = *External load of ship's bottom for wave direction with or against ship's heading*

P_{B1} = *External load of ship's bottom for wave direction transverse ship's heading*

T = sarat kapal (m)

C_F = *distribution factors* berdasarkan Tabel V.18

Tabel V.21 Rekapitulasi Nilai P_B

Pembebanan P_B	Nilai (kN/m ²)	Range
P_B untuk pelat	9.54 kN/m ²	$0 \leq x/L \leq 0,2$
P_B untuk penegar	8.91 kN/m ²	
P_B untuk penumpu	8.52 kN/m ²	
P_B untuk pelat	9.62 kN/m ²	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
P_B untuk penegar	7.95 kN/m ²	
P_B untuk penumpu	7.76 kN/m ²	
P_B untuk pelat	11.99 kN/m ²	$0,7 \leq x/L \leq 1$
P_B untuk penegar	8.81 kN/m ²	
P_B untuk penumpu	8.45 kN/m ²	

Dalam perhitungan pembebanan untuk sisi, pembebanan untuk geladak, dan lain sebagainya di asumsikan sama dengan pembebanan pada alas. *Statement* diambilnya pembebanan pada alas dikarenakan beban terbesar pada kapal biasanya terdapat pada alas kapal. Berikut hasil rekapitulasi nilai pembebanan sisi, dan pembebanan geladak:

Tabel V.22 Rekapitulasi Pembebanan Sisi dan Geladak

Range	P_s		P_D		
	Pelat		Pelat	Penegar	Penumpu
	P_{s1}	P_{s2}			
$0 \leq x/L \leq 0,2$	7.00	4.993	1.028	0.771	0.617
$0,2 \leq x/L \leq 0,7$	5.00	2.49	0.943	0.701	0.560
$0,7 \leq x/L \leq 1$	6.80	4.74	1.168	0.876	0.701

Nilai-nilai pada Tabel V.22 selanjutnya akan digunakan untuk menghitung tebal pelat. Untuk perhitungan pembebanan secara mendetail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

b. Tebal Pelat

Setelah mendapatkan besar nilai pembebanan, maka selanjutnya adalah menghitung tebal pelat. Berikut rumus menghitung tebal pelat alas, pelat sisi dan pelat geladak:

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \text{ (mm)}, \text{ jika panjang kapal } \leq 90 \text{ m} \quad (5.29)$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \text{ (mm)} \quad (5.30)$$

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 L) \cdot \sqrt{L \cdot k} \text{ (mm)}, \text{ jika panjang kapal } < 50 \text{ m} \quad (5.31)$$

dimana,

t_{B1}, t_{B2}, t_{min} = tebal pelat alas

P_B = Beban pada alas (kN/m^2)

k = material factor, 1

$n_f = 1,00$, untuk sistem konstruksi melintang

$= 0,83$, untuk sistem konstruksi memanjang

a = jarak penegar (m)

t_k = corrosion addition

$$\begin{aligned} t_k &= 1,5 \text{ mm} && \text{for } t' \leq 10 \text{ mm} \\ &= \frac{0,1 \cdot t'}{\sqrt{k}} + 0,5 \text{ mm, max. } 3,0 \text{ mm} && \text{for } t' > 10 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.32)$$

t' = required rule thickness excluding t_k (mm)

Nilai dari variabel untuk menghitung tebal pelat alas disajikan dalam rekapitulasi pada Tabel V.23 berikut:

Tabel V.23 Nilai Variabel Tebal Pelat Alas

No.	Variabel	Nilai
1.	n_f (sistem konstruksi melintang)	1,00
2.	t_k ($t' < 10 \text{ mm}$)	1,5 mm
3.	Jarak penegar di area $0 \leq x/L \leq 0,2$	0,51 m
	Jarak penegar di area $0,2 \leq x/L \leq 0,7$	0,61 m
	Jarak penegar di area $0,7 \leq x/L \leq 1$	0,61 m

Setelah nilai variabel diatas diketahui, maka dapat dihitung tebal pelat alas, Rekapitulasi nilai tebal pelat alas berdasarkan *range*-nya dapat dilihat pada Tabel V.24 berikut:

Tabel V.24 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas

Tebal Pelat	Nilai (mm)	Range
t_{B1}	6 mm	$0 \leq x/L \leq 0,2$
t_{B2}	5 mm	
t_{B1}	6 mm	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
t_{B2}	5 mm	
t_{B1}	6 mm	$0,7 \leq x/L \leq 1$
t_{B2}	5 mm	

Dari hasil rekapitulasi diatas, diambil nilai tebal pelat alas tertinggi yaitu 6 mm, dan untuk tebal pelat sisi, tebal pelat geladak dan tebal pelat ruang navigasi dapat dilihat pada Tabel V.25:

Tabel V.25 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Sisi dan Pelat Geladak

Range	Pelat Sisi		Pelat Geladak	Pelat Ruang Navigasi
	T _{s1}	T _{s2}		
$0 \leq x/L \leq 0,2$	5	5	5	5
$0,2 \leq x/L \leq 0,7$	5	4	5	5
$0,7 \leq x/L \leq 1$	5	5	5	5

Dari Tabel V.25, diambil nilai tebal pelat sisi tertinggi yaitu 5 mm dan pelat geladak diambil 5 mm. Perhitungan konstruksi kapal secara detail dapat dilihat dalam Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

c. Perencanaan Konstruksi Lambung Kapal

Untuk berat konstruksi lambung kapal, karena pada Tugas Akhir ini tidak menghitung perencanaan konstruksi dan kekuatan memanjang kapal, maka dari itu untuk berat konstruksi lambung seperti profil-profil diambil pendekatan sebesar 20%-25% dari total berat baja lambung kapal. Pada Tugas Akhir ini diambil 20% dari berat baja lambung kapal, sehingga berat konstruksi lambung kapal didapat sebesar 1.415 Ton. Perhitungan konstruksi kapal secara detail dapat dilihat dalam Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.9.2. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari dua komponen yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). Komponen DWT meliputi berat bahan bakar mesin, genset ($W_{fo\&genset}$), berat kru dan barang bawaannya (W_{ca}), dan berat muatan bersih (*payload*). *Payload* kapal ini adalah jumlah sampah dan tumbuhan air yang dapat ditampung oleh kapal. Sedangkan LWT (*Light Weight Tonnage*) meliputi berat lambung kapal, berat geladak kapal, berat ruang navigasi, berat konstruksi lambung, berat *equipment and outfitting*, dan berat permesinan (W_m).

1. *Dead Weight Tonnage* (Berat DWT)

Rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat DWT berturut-turut disajikan dalam Tabel V.26 berikut:

Tabel V.26 Rekapitulasi berat dan titik berat komponen DWT

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
94.49	-1.489	0.500	156	0.106	2.500
Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
94	-0.489	0.500	4000	0.106	1.950

Rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat LWT berturut-turut disajikan dalam Tabel V.27 berikut:

Tabel V.27 Rekapitulasi berat dan titik berat komponen LWT

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
6272.83	-0.363	0.962	2219.00	0.000	1.730	1380.17	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
628	0.11	3.00	75	0.11	2.50	200	0.511	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
750	4.11	1.73	1500	0.11	1.73	750	-4.39	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
160	-4.00	0.90	200	0.51	1.25	168	-4.00	0.56

Setelah diketahui nilai dari *lightweight* dan *deadweight* seperti pada Tabel V.27, selanjutnya dilakukan perhitungan koreksi *displacement*. Koreksi *displacement* adalah selisih antara penjumlahan dari *lightweight* dan *deadweight* dengan *displacement* kapal yang didesain dengan margin maksimum 5%. Tabel V.28 adalah rekapitulasi perhitungan dari koreksi *displacement* yang dilakukan:

Tabel V.28 Rekapitulasi Perhitungan Koreksi Displasemen

TOTAL LWT			TOTAL DWT					
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG			
14302.99	-0.229	0.942	4345	0.058	1.907			
BERAT TOTAL			DISPLACEMENT			SELISIH		CHECK DISPLACEMENT
[kg]	LCG	VCG	[kg]	LCB	VCB			OK
	[m]	[m]		[m]	[m]	[kg]	%	
18648.0	-0.162	1.166	19320.0	-0.242	0.4843	672.035	3.48%	

V.1.10. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Perhitungan *freeboard* tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines (ICLL)* 1966, karena dalam hal ini kapal yang digunakan adalah kapal katamaran sehingga mengacu pada *Non-Convention Vessel Standard (NCVS)*.

1. Tipe Kapal

(NCVS) *Indonesian Flagged-Chapter 6 Section 5.1.2* menyebutkan bahwa Kapal Tipe A adalah:

- Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah.
- Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.
- Kapal yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi terhadap banjir.

Sedangkan Kapal Tipe adalah selain Kapal Tipe A, sehingga kapal pembersih sampah dan tumbuhan air ini termasuk kapal Tipe B.

2. Lambung Timbul Standar (F_{B1})

Oleh karena kapal jenis *skimmer* ini merupakan kapal tipe B, maka persamaan yang digunakan untuk kapal tipe B dengan panjang ≤ 50 m seperti pada Gambar V.11

II. Lambung Timbul Awal (fb) untuk kapal Type B
fb = 0,8 L cm, untuk L sampai dengan 50 m
fb = $(L/10)^2 + (L/10) + 10$ cm, untuk L lebih dari 50 m
Catatan : L adalah panjang kapal dalam meter

Gambar V.11 Lambung timbul awal untuk kapal tipe B

$$\begin{aligned} F_{B1} &= 0.8 L \\ &= 0.8 \cdot 9.2\text{m} \\ &= 0.073 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.33)$$

3. Koreksi *Freeboard*

a. Koefisien blok

Koreksi *freeboard* terhadap C_b hanya untuk kapal dengan $C_b \geq 0.68$. Jika $C_b \geq 0.068$ maka F_{B2} harus dikalikan dengan factor berikut:

$$FB2 = (0.68 + CB)/1.36 \quad (5.34)$$

Karena C_b kapal pembersih ini ≤ 0.68 , yaitu 0.5, maka tidak ada koreksi *freeboard* terhadap koefisien blok.

b. *Depth* (D)

Koreksi *freeboard* terhadap tinggi dilakukan untuk kapal dengan $D > L/15$; jika $D > L/15$ maka *freeboard* ditambah dengan $20 (D - L/15)$ cm sedangkan jika $D < L/15$; maka tidak ada koreksi *freeboard* terhadap tinggi.

Dimana,

$$D = 1.73 \text{ m}$$

$$L/15 = 0.613$$

Karena $D > L/15$ maka terdapat koreksi yaitu:

$$\begin{aligned} &= 20 (D - L/15) \text{ cm} \\ &= 20 (1.78 - 0.613) \\ &= 0.223 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.35)$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } F_{b3} \text{ adalah } &= F_{b1} + \text{koreksi } Depth \\ &= 0.297 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Koreksi bangunan atas

Kapal tidak memiliki bangunan atas, maka tidak ada koreksi bangunan atas sehingga koreksi pengurangan lambung timbul adalah 0 m

5. Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned} F_{b'} &= F_{b3} - \text{pengurangan} \\ &= 0.297 - 0 \\ &= 0.297 \end{aligned} \quad (5.36)$$

6. Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned} F_b &= H - T \\ &= 1.03 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.37)$$

Karena lambung timbul sebenarnya harus lebih besar dari lambung timbul total maka kondisi lambung timbul kapal ini diterima, rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel V.29:

Tabel V.29 Rekapitulasi Perhitungan *Freeboard*

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang disyaratkan	0.29	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1.03	m
Kondisi	Diterima	

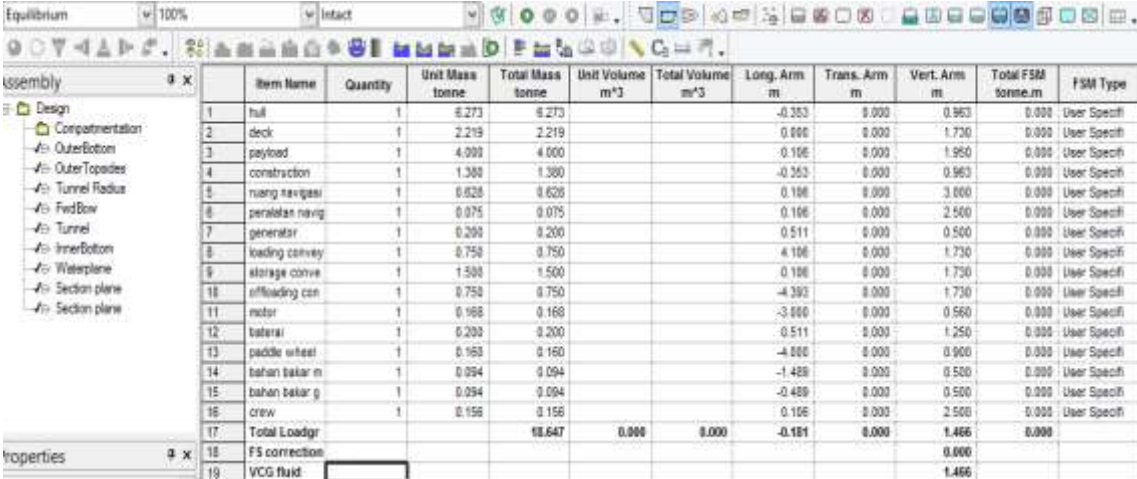
V.1.11. Perhitungan Trim Kapal

Perhitungan trim kapal digunakan untuk mengetahui adanya besarnya kemiringan kapal pada saat kondisi muatan penuh. Perhitungan tersebut mengacu pada *SOLAS Chapter II-I Part B-I, Regulasi 5-1*. Berdasarkan regulasi ini, nilai trim maksimum kapal adalah $\pm 0.5\% L_{wl}$. Dengan kata lain, nilai trim maksimum kapal yang didesain adalah 0.046 meter. Mula-mula untuk menghitung trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*, haruslah dibuat model 3D terlebih dahulu. Seperti yang telah dibahas dalam Bab V.4 bahwa ukuran kapal bersifat sementara, maka pembuatan model 3D juga menggunakan ukuran utama dari total 256

ukuran utama kapal yang telah dihitung. Dari sekian banyak ukuran utama kapal, akan dipilih yang memenuhi persyaratan trim dan stabilitas yang telah ditentukan oleh *Marine Guide Notices*. Namun dalam Bab ini, ukuran utama yang digunakan adalah ukuran utama kapal yang telah dipilih.

Berikut uraian singkat langkah-langkah proses perhitungan trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*:

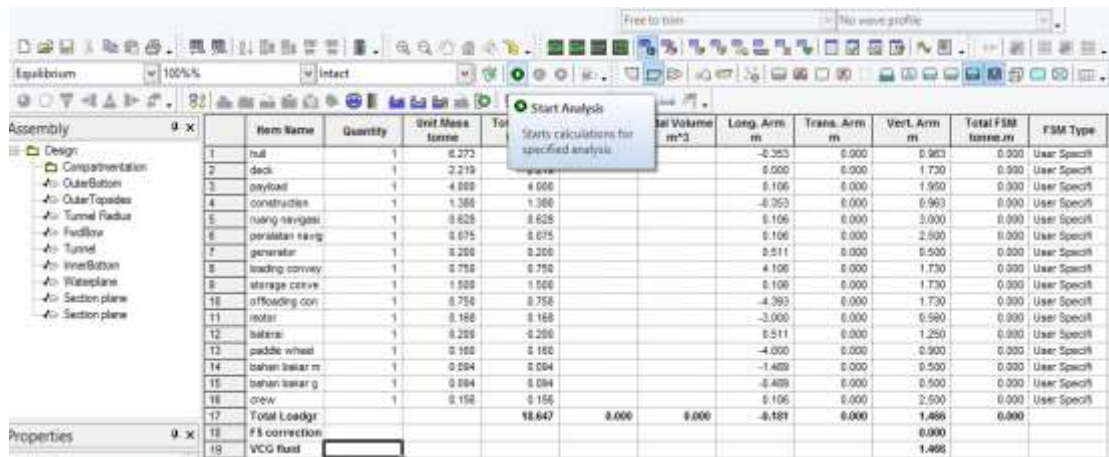
1. Dalam proses perhitungan, mula-mula dibutuhkan *loadcase-loadcase* dengan berbagai kondisi. *Loadcase* tersebut berasal dari data perhitungan berat yang telah dihitung. Memasukkan data-data *loadcase* diawali pada menu *Loadcase Window* lalu buat *New Loadcase*. Cara memasukkan data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar V.12 berikut ini:



Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1 hull	1	6.273	6.273			-0.353	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2 deck	1	2.219	2.219			0.000	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3 payload	1	4.000	4.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4 construction	1	1.380	1.380			-0.353	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5 ruang navigasi	1	0.628	0.628			0.106	0.000	3.000	0.000	User Specifi
6 peralatan navig	1	0.075	0.075			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7 generator	1	0.200	0.200			0.511	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8 loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9 storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10 offloading can	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11 motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12 baterai	1	0.200	0.200			0.511	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13 paddle wheel	1	0.165	0.165			-4.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14 bahan bakar m	1	0.094	0.094			-1.489	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15 bahan bakar g	1	0.094	0.094			-0.489	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16 crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17 Total Loadgr			118.647	0.000	0.000	-0.181	0.000	1.466	0.000	
18 FS correction								0.000		
19 VCG fluid								1.466		

Gambar V.12. Tabel *Loadcase Window*

2. Pada Tugas Akhir ini, direncanakan terdapat 5 (lima) kondisi *loadcase* yang akan dihitung. Dimana 5 (lima) kondisi tersebut antara lain, kondisi *Full Load* (E), kondisi *75% Full Load* (D), *50% Full Load* (C), *25% Full Load* (B), kondisi kapal kosong (A).
3. Setelah data-data *loadcase* dimasukkan sesuai dengan kondisi masing-masing, maka proses perhitungan mulai dapat dilakukan dengan memilih menu *Start Analysis* seperti yang dapat dilihat pada Gambar V.13.



Gambar V.13 Menu *Start Analysis* Untuk Memulai Perhitungan

V.1.11.1. Kondisi A (Kapal Kosong)

Kondisi A (kapal kosong) merupakan kondisi dimana kapal tanpa muatan dan *equipment* pada kapal telah terpasang, seperti *conveyor belt* yang terdiri dari 3 (tiga) buah. Pada kondisi ini kebutuhan bahan bakar direncanakan 10% dari kondisi aslinya. Kondisi kapal kosong ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi tanpa membawa muatan. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.14 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3	payload	1	0.000	0.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specifi
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14	bahan bakar m	1	0.005	0.005			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15	bahan bakar g	1	0.005	0.005			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17	Total Loadgr			15.155	0.000	0.000	-0.279	0.000	1.367	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.367		

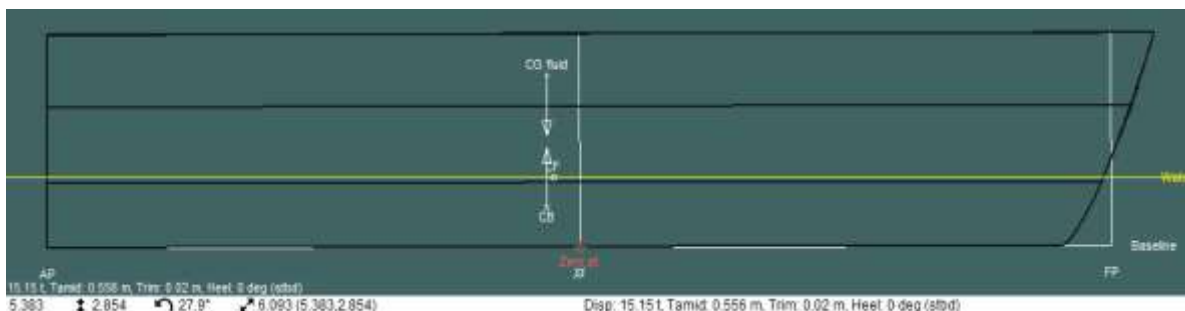
Gambar V.14 *Input* Data Beban Kondisi A (Kapal Kosong)

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.15 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.556
2	Displacement t	15.15
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.548
5	Draft at AP m	0.566
6	Draft at LCF m	0.557
7	Trim (+ve by stern) m	0.020
8	WL Length m	9.156
9	Beam max extents on	8.000
10	Wetted Area m ²	43.400
11	Waterpl. Area m ²	31.587
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.933
13	Block coeff. (Cb)	0.475
14	Max Sect. area coeff. (0.509
15	Waterpl. area coeff. (C	0.575
16	LCB from zero pt. (+ve	-0.281
17	LCF from zero pt. (+ve	-0.221
18	KB m	0.311
19	KG fluid m	1.367
20	BMT m	9.972
21	BML m	13.782
22	GML corrected m	8.916
23	GML m	12.726
24	KMT m	10.283
25	KML m	14.093
26	Immersion (TPo) tonne/	0.324

Gambar V.15 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi A (Kapal Kosong)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0.02 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.16 berikut ini:



Gambar V.16. Kondisi Trim Kapal Kosong

Karena trim pada kapal kosong $0.02 \leq 0.046$, jadi dapat dikatakan bahwa trim pada kondisi kapal kosong aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan trim kapal pada kondisi ini yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.11.2. Kondisi B (25% Full Load)

Kondisi B ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 25% dari total muatan penuh dan kebutuhan bahan bakar direncanakan 25% dari kondisi aslinya. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.17 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specif
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specif
3	payload	1	1.959	1.959			0.186	0.000	1.950	0.000	User Specif
4	construction	1	1.388	1.388			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specif
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specif
6	peralatan navig	1	0.975	0.975			0.782	0.000	2.580	0.000	User Specif
7	generator	1	0.299	0.299			0.450	0.000	0.500	0.000	User Specif
8	loading convey	1	0.759	0.759			4.108	0.000	1.730	0.000	User Specif
9	storage conve	1	1.589	1.589			0.396	0.000	1.730	0.000	User Specif
10	unloading con	1	0.759	0.759			-4.363	0.000	1.730	0.000	User Specif
11	motor	1	0.169	0.169			-3.600	0.000	0.500	0.000	User Specif
12	kabiner	1	0.299	0.299			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specif
13	peddle wheel	1	0.548	0.548			-3.900	0.000	0.960	0.000	User Specif
14	kabin bakar m	1	0.912	0.912			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specif
15	kabin bakar g	1	0.912	0.912			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specif
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.560	0.000	User Specif
17	Total Loades			16.169	0.999	0.999	-0.296	0.000	1.462	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.462		

Gambar V.17 *Input Data Beban Kondisi B (Kapal 25% Full Load)*

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.18 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.588
2	Displacement t	16.17
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.586
5	Draft at AP m	0.590
6	Draft at LCF m	0.588
7	Trim (+ve by stern) m	0.005
8	WL Length m	9.173
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m²	44.578
11	Waterpl. Area m²	31.618
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.946
13	Block coeff. (Cb)	0.485
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.513
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.574
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.257
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.216
18	KB m	0.327
19	KG fluid m	1.402
20	BMT m	9.357
21	BML m	12.959
22	GML corrected m	6.282
23	GML m	11.684
24	KMT m	9.684
25	KML m	13.286
26	Immersion (TPC) tonne/	0.324

Gambar V.18 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi B (Kapal 25% Full Load)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0.005 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.19 berikut ini:



Gambar V.19. Kondisi Trim Kapal 25% Full Load

Karena trim pada kapal $0.005 \leq 0.046$, jadi dapat dikatakan bahwa trim pada kondisi kapal 25% full load aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan trim kapal pada kondisi ini yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.11.3. Kondisi C (50% Full Load)

Kondisi C ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 50% dari total muatan penuh dan kebutuhan bahan bakar direncanakan 50% dari kondisi aslinya. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.20 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3	payload	1	2.000	2.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specifi
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14	bahan bakar m	1	0.025	0.025			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15	bahan bakar g	1	0.025	0.025			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17	Total Loadca			17.195	0.000	0.000	-0.236	0.000	1.433	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.433		

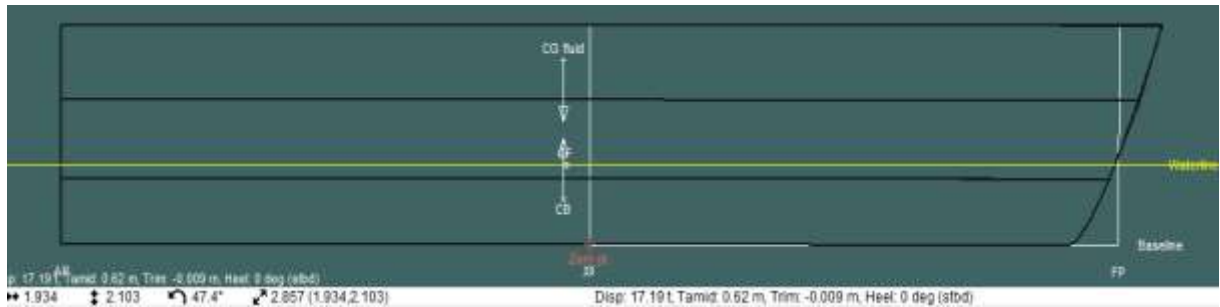
Gambar V.20 *Input* Data Beban Kondisi C (Kapal 50% Full Load)

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.21 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.620
2	Displacement t	17.19
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.624
5	Draft at AP m	0.616
6	Draft at LCF m	0.620
7	Trim (+ve by stern) m	-0.009
8	WL Length m	9.191
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m²	45.774
11	Waterpl. area m²	31.649
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.942
13	Block coeff. (Cb)	0.488
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.518
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.574
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.235
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.212
18	KB m	0.344
19	KG fluid m	1.433
20	BMT m	5.807
21	BML m	12.223
22	GML corrected m	7.718
23	GML m	11.134
24	KML m	9.151
25	KML m	12.567
26	Immersion (TPC) tonne/m	0.324

Gambar V.21 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi C (Kapal 50% Full Load)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0.009 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.22 berikut ini:



Gambar V.22. Kondisi Trim Kapal 50% *Full Load*

Karena trim pada kapal $0.009 \leq 0.046$, jadi dapat dikatakan bahwa trim pada kondisi kapal 50% *full load* aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan trim kapal pada kondisi ini yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.11.4. Kondisi D (75% *Full Load*)

Kondisi D ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 75% dari total muatan penuh dan kebutuhan bahan bakar direncanakan 75% dari kondisi aslinya. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.23 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2	deck	1	2.219	2.219			0.168	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3	payload	1	3.000	3.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	2.000	0.000	User Specifi
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			-0.762	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14	bahan bakar m	1	0.037	0.037			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15	bahan bakar g	1	0.037	0.037			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17	Total Loadca			18.219	0.000	0.000	-0.219	0.000	1.460	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.460		

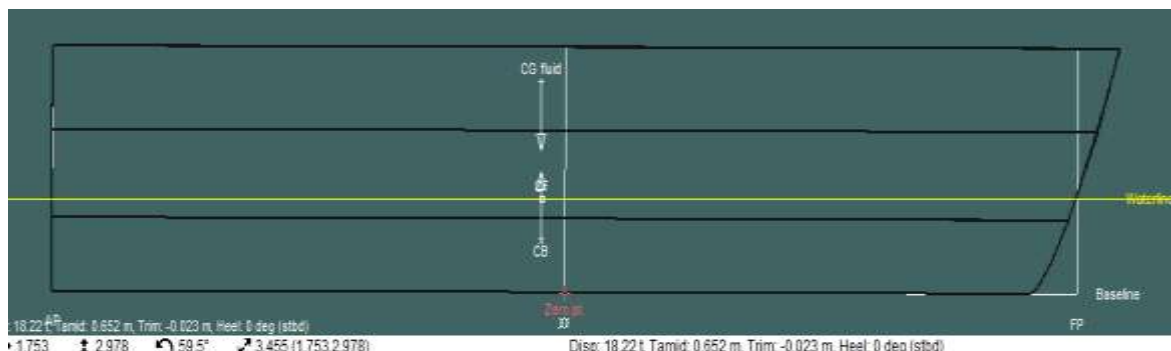
Gambar V.23 *Input* Data Beban Kondisi D (Kapal 75% *Full Load*)

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.24 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.652
2	Displacement t	18.22
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.663
5	Draft at AP m	0.640
6	Draft at LCF m	0.651
7	Trim (+ve by stern) m	-0.023
8	WL Length m	9.208
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	46.967
11	Waterpl. Area m ²	31.680
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.932
13	Block coeff. (Cb)	0.486
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.523
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.573
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.216
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.207
18	KB m	0.360
19	KG fluid m	1.460
20	BMT m	8.320
21	BML m	11.572
22	GMT corrected m	7.221
23	GML m	10.473
24	KMt m	8.680
25	KML m	11.932
26	Immersion (TPC) tonne/	0.325

Gambar V.24 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi D (Kapal 75% *Full Load*)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0.023 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.25 berikut ini:



Gambar V.25. Kondisi Trim Kapal 75% *Full Load*

Karena trim kapal $0.023 \leq 0.046$, jadi dapat dikatakan bahwa trim pada kondisi kapal 75% *full load* aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.11.5. Kondisi E (100% *Full Load*)

Kondisi E ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 100% dari total muatan penuh dan kebutuhan bahan bakar direncanakan 100% atau keadaan *fuel tank*. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi dengan kondisi *full load*. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.26 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.168	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	4.000	4.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navig.	1	0.075	0.075			0.762	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.580	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.049	0.049			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.049	0.049			-0.800	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadgr			19.243	0.000	0.000	-0.203	0.000	1.484	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.484		

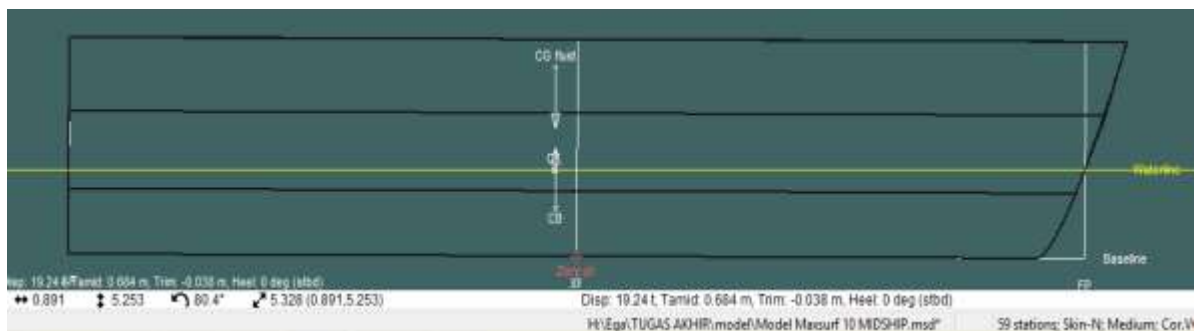
Gambar V.26 *Input* Data Beban Kondisi E (Kapal 100% *Full Load*)

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.27 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.684
2	Displacement t	19.24
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.702
5	Draft at AP m	0.665
6	Draft at LCF m	0.683
7	Trim (+ve by stern) m	-0.038
8	WL Length m	9.225
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m²	48.160
11	Waterpl. Area m²	31.711
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.923
13	Block coeff. (Cb)	0.485
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.527
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.573
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.198
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.203
18	KB m	0.377
19	KG fluid m	1.484
20	BMT m	7.885
21	BML m	10.990
22	GMT corrected m	6.778
23	GML m	9.883
24	KMt m	8.262
25	KML m	11.367
26	Immersion (TPC) tonne/	0.325

Gambar V.27 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi E (Kapal 100% *Full Load*)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0.038 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.28 berikut ini:



Gambar V.28. Kondisi Trim Kapal 100% *Full Load*

Karena trim kapal $0.038 \leq 0.046$, jadi dapat dikatakan bahwa trim pada kondisi kapal 100 % *full load* aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.12. Perhitungan Stabilitas Kapal

Analisis stabilitas bertujuan untuk mengetahui stabilitas atau keseimbangan kapal secara melintang pada beberapa kondisi pemuatan. Kriteria yang digunakan pada analisis stabilitas mengacu pada *Marine Guidance Note (MGN) 280 Chapter 11 Section 37*. Adapun kriteria yang disyaratkan sebagai berikut:

1. Jika GZ max terjadi pada $\theta = 15^\circ$, maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085 \text{ m.rad}$.
2. Dan jika GZ max terjadi pada $\theta = 30^\circ$, maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad.
3. Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari : $A = 0,055 + 0,002 (300 - \theta \text{ GZ Max}) \text{ meter.radian}$.
4. Lengan pengembali GZ pada $\theta = 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.20 m.
5. Tinggi titik metasenter awal (GM) tidak boleh kurang dari 0.35m.

V.1.12.1. Kondisi A (Kapal Kosong)

Kondisi A ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan kosong. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kapal kosong. Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kosong pada komponen

tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.29 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3	payload	1	0.000	0.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specifi
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14	bahan bakar m	1	0.005	0.005			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15	bahan bakar g	1	0.005	0.005			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17	Total Loadca			15.155	0.000	0.000	-0.279	0.000	1.367	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.367		

Gambar V.29 *Input* Data Beban Kondisi A (Kapal Kosong)

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.30 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.774	1.486	1.885	1.797	1.690	1.575	1.453	1.324	1.180	1.024	0.856	0.679	0.494	0.303	0.108	-0.088	-0.284	-0.478
2	Area under GZ curve 1	0.0000	1.9368	7.6531	16.2866	25.6032	34.2993	42.4736	50.0462	56.9935	63.2590	68.7751	73.4800	77.3210	80.2546	82.2463	83.2760	83.3302	82.4006	80.4951
3	Displacement t	15.15	15.16	15.16	15.16	15.15	15.15	15.16	15.16	15.16	15.16	15.16	15.15	15.16	15.16	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15
4	Draft at FP m	0.525	0.521	0.497	0.370	0.163	-0.054	-0.290	-0.550	-0.851	-1.201	-1.616	-2.124	-2.777	-3.662	-4.854	-7.060	-11.204	-23.497	n/a
5	Draft at AP m	0.585	0.586	0.579	0.538	0.346	0.132	-0.099	-0.355	-0.637	-0.960	-1.313	-1.754	-2.313	-3.066	-4.164	-5.952	-9.475	-19.937	n/a
6	WL Length m	9.147	9.226	9.297	9.327	9.324	9.323	9.322	9.321	9.317	9.312	9.306	9.301	9.295	9.287	9.287	9.316	9.393	9.473	9.553
7	Beam max extents on	6.000	5.986	5.807	5.180	3.071	3.070	3.065	3.029	2.941	2.744	2.544	2.348	2.155	1.960	1.787	1.749	1.722	1.705	1.700
8	Wetted Area m²	43.379	43.451	42.101	32.259	30.983	31.001	31.023	31.116	31.453	31.819	32.091	32.287	32.424	32.517	32.577	32.621	32.635	32.654	32.669
9	Waterpl. Area m²	31.572	31.213	28.603	17.826	16.976	17.602	18.407	19.245	19.203	18.561	17.936	17.365	16.863	16.442	16.105	15.862	15.699	15.634	15.643
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.888	0.888	0.875	0.856	0.860	0.858	0.857	0.857	0.856	0.854	0.850	0.847	0.843	0.839	0.835	0.829	0.819	0.810	0.801
11	Block coeff. (Cb)	0.460	0.344	0.282	0.269	0.444	0.438	0.435	0.437	0.447	0.475	0.507	0.546	0.591	0.649	0.713	0.731	0.745	0.758	0.770
12	LCB from zero pt. (-ve)	-0.341	-0.343	-0.345	-0.358	-0.363	-0.365	-0.367	-0.368	-0.372	-0.377	-0.383	-0.388	-0.395	-0.402	-0.408	-0.413	-0.417	-0.419	-0.419
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.223	-0.230	-0.263	-0.416	-0.178	-0.179	-0.182	-0.178	-0.102	-0.085	-0.075	-0.067	-0.062	-0.057	-0.055	-0.052	-0.052	-0.051	-0.055
14	GMlt corrected m	8.912	8.720	7.277	0.205	-1.161	-1.274	-1.361	-1.432	-1.558	-1.718	-1.859	-1.980	-2.079	-2.155	-2.210	-2.242	-2.252	-2.240	-2.207
15	GMlt m	12.705	12.517	11.282	6.948	6.062	6.187	6.389	6.603	6.502	6.208	5.910	5.640	5.406	5.218	5.080	5.001	4.964	4.995	5.062
16	Max deck inclination de	0.3744	5.0160	10.0124	15.0331	20.0274	25.0207	30.0159	35.0122	40.0108	45.0106	50.0107	55.0106	60.0105	65.0100	70.0089	75.0074	80.0054	85.0026	90.0000

Gambar V.30 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi A (Kapal Kosong)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kosong seperti yang dijelaskan pada Gambar V.31 berikut ini:

Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7			
1	Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085$ m.rad		
	Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad		
	Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari :		
	$A = 0.055 + 0.002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max})$ meter - radian		
	θ GZmax	=	17° (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)
	maka		
	A minimal	=	0.082 meter.rad
	A sebenarnya	=	0.449 meter.rad
	Kondisi	=	Accepted
2	Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0.03 meter radian.		
	A_{30-40} min	=	0.030 meter.rad
	A_{30-40}	=	0.253 meter.rad
	Kondisi	=	Accepted
3	GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat :		
	Gz 30° min	=	0.200 meter
	Gz 30°	=	1.575 meter
	Kondisi	=	Accepted
4	GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat		
	θ Gz _{max} min	=	15° derajat
	θ Gz _{max}	=	17° derajat
	Kondisi	=	Accepted
5	Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.35 meter.		
	GM min	=	0.350 meter
	GM	=	8.074 meter
	Kondisi	=	Accepted

Gambar V.31 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal Kosong

V.1.12.2. Kondisi B (25 % Full Load)

Kondisi B ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan 25% *full load*. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kondisi 25% *full load* dimana pada saat itu berat *payload* dan berat *consumable* pada kondisi 25%. (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kondisi 25% pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.32 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	8.273	8.273			-0.363	0.000	0.903	0.000	User Specif
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specif
3	plywood	1	1.000	1.000			0.188	0.000	1.950	0.000	User Specif
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.903	0.000	User Specif
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.128	0.000	3.090	0.000	User Specif
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.990	0.000	User Specif
7	generator	1	0.200	0.200			0.488	0.000	0.590	0.000	User Specif
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specif
9	storage crane	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specif
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.383	0.000	1.730	0.000	User Specif
11	motor	1	0.160	0.160			-3.080	0.000	0.500	0.000	User Specif
12	baklar	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specif
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specif
14	baklar bakar m	1	0.012	0.012			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specif
15	baklar bakar g	1	0.012	0.012			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specif
16	crane	1	0.158	0.158			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specif
17	Total Loads			16.189	0.000	0.000	-0.258	0.000	1.402	0.000	
18	FS correction								0.900		
19	VCG fluid								1.402		

Gambar V.32 Input Data Beban Kondisi B (Kapal 25% Full Load)

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.33 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.721	1.398	1.856	1.789	1.680	1.563	1.438	1.303	1.154	0.993	0.822	0.642	0.456	0.264	0.069	-0.126	-0.322	-0.515
2	Area under GZ curve m	0.0000	1.8099	7.1401	15.4658	24.7117	33.3654	41.4835	48.9881	55.8454	61.9911	67.3822	71.9032	75.5686	78.3137	80.1150	80.9500	80.8076	79.6863	77.5934
3	Displacement t	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17
4	Draft at FP m	0.564	0.561	0.542	0.452	0.237	0.021	-0.214	-0.475	-0.774	-1.116	-1.521	-2.016	-2.652	-3.512	-4.767	-6.812	-10.835	-22.768	n/a
5	Draft at AP m	0.610	0.611	0.605	0.571	0.396	0.182	-0.050	-0.304	-0.577	-0.881	-1.234	-1.662	-2.202	-2.930	-3.990	-5.717	-8.116	-19.215	n/a
6	WL Length m	9.164	9.243	9.317	9.362	9.356	9.356	9.355	9.353	9.350	9.348	9.348	9.348	9.348	9.351	9.355	9.387	9.466	9.545	9.606
7	Beam max extents on	6.000	5.995	5.847	5.509	3.089	3.091	3.089	3.031	2.882	2.688	2.497	2.305	2.119	1.932	1.776	1.741	1.717	1.703	1.699
8	Wetted Area m²	44.558	44.669	43.724	35.637	32.165	32.180	32.193	32.245	32.735	33.076	33.343	33.544	33.687	33.767	33.864	33.899	33.927	33.949	33.965
9	Waterpl. Area m²	31.602	31.404	29.321	20.309	17.004	17.631	18.451	19.018	18.611	18.077	17.558	17.075	16.639	16.271	15.980	15.764	15.636	15.597	15.641
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.912	0.902	0.889	0.872	0.871	0.871	0.870	0.870	0.867	0.864	0.859	0.855	0.850	0.844	0.839	0.833	0.822	0.813	0.806
11	Block coeff. (Cb)	0.470	0.355	0.290	0.271	0.451	0.446	0.443	0.449	0.467	0.496	0.528	0.566	0.611	0.667	0.726	0.741	0.753	0.764	0.776
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.314	-0.314	-0.316	-0.324	-0.333	-0.334	-0.336	-0.338	-0.342	-0.347	-0.353	-0.359	-0.366	-0.373	-0.379	-0.385	-0.389	-0.391	-0.392
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.219	-0.222	-0.243	-0.500	-0.170	-0.171	-0.172	-0.115	-0.075	-0.063	-0.055	-0.049	-0.046	-0.043	-0.041	-0.040	-0.040	-0.038	-0.038
14	GML corrected m	8.277	8.176	7.084	1.920	-1.185	-1.299	-1.389	-1.481	-1.631	-1.775	-1.902	-2.011	-2.100	-2.168	-2.215	-2.241	-2.246	-2.229	-2.192
15	GML m	11.863	11.754	10.811	6.941	5.624	5.733	5.933	5.971	5.788	5.532	5.284	5.058	4.859	4.701	4.593	4.526	4.515	4.563	4.655
16	Max deck inclination de	0.2852	5.0094	10.0075	15.0165	20.0207	25.0154	30.0118	35.0095	40.0092	45.0093	50.0096	55.0097	60.0098	65.0095	70.0086	75.0072	80.0053	85.0028	90.0000

Gambar V.33 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi B (25% Full Load)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kondisi 25% seperti yang dijelaskan pada Gambar V.34 berikut ini:

1. Jika GZ max terjadi pada $\theta = 15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penagak GZ ≥ 0.055 m.rad	
Dan jika GZ max terjadi pada $\theta = 30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad	
Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari:	
$A = 0.055 - 0.002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max})$ meter - radian	
$\theta \text{ GZmax} = 17^\circ$ (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)	
maka	
A minimal = 0.001 meter rad	
A sebenarnya = 0.483 meter rad	
Kondisi = Accepted	
2. Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0.03 meter radian.	
$A_{30-40} = 0.030$ meter rad	
$A_{30-40} = 0.351$ meter rad	
Kondisi = Accepted	
3. GZ tidak boleh kurang dari 0.1 meter pada sudut 30° derajat.	
$GZ_{30^\circ \text{ min}} = 0.200$ meter	
$GZ_{30^\circ} = 1.563$ meter	
Kondisi = Accepted	
4. GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat	
$\theta \text{ GZ}_{\text{max min}} = 15^\circ$ derajat	
$\theta \text{ GZ}_{\text{max}} = 17^\circ$ derajat	
Kondisi = Accepted	
5. Ketinggian metacenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.35 meter	
$GM \text{ min} = 0.350$ meter	
$GM = 2.074$ meter	
Kondisi = Accepted	

Gambar V.34 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat 25% Full Load

V.1.12.3. Kondisi C (50% Full Load)

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan 50% full load. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kondisi 50% full load dimana pada saat itu berat payload dan berat consumable pada kondisi 50%. (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kondisi 50% pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). Input data beban dapat dilihat pada Gambar V.35 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3	payload	1	2.000	2.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specifi
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14	bahan bakar m	1	0.025	0.025			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15	bahan bakar g	1	0.025	0.025			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17	Total Loadca			17.195	0.000	0.000	-0.236	0.000	1.433	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.433		

Gambar V.35 Input Data Beban Kondisi C (Kapal 50% Full Load)

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.36 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.673	1.317	1.800	1.784	1.674	1.554	1.425	1.283	1.129	0.965	0.791	0.609	0.422	0.230	0.035	-0.160	-0.355	-0.546
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.6906	6.6824	14.6377	23.7401	32.3777	40.4536	47.9067	54.6840	60.7207	65.9606	70.3539	73.8581	76.4385	78.0691	78.7323	78.4196	77.1314	74.8770
3	Displacement t	17.20	17.20	17.20	17.20	17.19	17.19	17.20	17.20	17.20	17.20	17.20	17.20	17.20	17.19	17.20	17.19	17.20	17.19	17.19
4	Draft at FP m	0.603	0.600	0.595	0.519	0.313	0.096	-0.139	-0.401	-0.695	-1.030	-1.425	-1.906	-2.525	-3.361	-4.579	-6.564	-10.466	-22.037	n/a
5	Draft at AP m	0.635	0.636	0.632	0.601	0.446	0.233	0.001	-0.246	-0.512	-0.808	-1.151	-1.564	-2.086	-2.788	-3.810	-5.472	-8.746	-18.469	n/a
6	WL Length m	9.181	9.261	9.336	9.391	9.389	9.388	9.388	9.385	9.384	9.386	9.389	9.396	9.404	9.415	9.430	9.462	9.540	9.605	9.606
7	Beam max extents on	6.000	6.003	5.883	5.416	3.106	3.113	3.097	3.008	2.816	2.628	2.445	2.264	2.084	1.904	1.762	1.731	1.710	1.698	1.697
8	Wetted Area m²	45.752	45.883	45.239	39.948	33.361	33.372	33.409	33.747	34.108	34.403	34.645	34.838	34.980	35.080	35.167	35.208	35.240	35.256	35.262
9	Waterpl. Area m²	31.633	31.549	29.906	23.401	17.033	17.660	18.406	18.312	17.878	17.474	17.075	16.691	16.339	16.031	15.797	15.615	15.513	15.485	15.532
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.924	0.914	0.902	0.887	0.882	0.881	0.880	0.880	0.876	0.872	0.866	0.861	0.855	0.848	0.842	0.835	0.824	0.816	0.814
11	Block coeff. (Cb)	0.480	0.365	0.298	0.275	0.458	0.452	0.452	0.462	0.488	0.516	0.547	0.585	0.629	0.684	0.737	0.750	0.760	0.770	0.785
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.289	-0.290	-0.292	-0.297	-0.306	-0.307	-0.309	-0.312	-0.317	-0.322	-0.328	-0.334	-0.342	-0.349	-0.355	-0.361	-0.365	-0.367	-0.368
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.214	-0.216	-0.229	-0.327	-0.162	-0.162	-0.148	-0.068	-0.051	-0.042	-0.038	-0.035	-0.033	-0.033	-0.030	-0.034	-0.036	-0.041	-0.048
14	GML corrected m	7.714	7.676	6.854	3.448	-1.202	-1.318	-1.415	-1.551	-1.697	-1.826	-1.940	-2.037	-2.116	-2.177	-2.217	-2.238	-2.237	-2.217	-2.176
15	GML m	11.114	11.056	10.337	7.670	5.238	5.333	5.451	5.314	5.087	4.877	4.675	4.490	4.330	4.199	4.124	4.068	4.065	4.102	4.175
16	Max deck inclination de	0.1969	5.0047	10.0041	15.0079	20.0145	25.0110	30.0086	35.0078	40.0079	45.0083	50.0088	55.0091	60.0094	65.0092	70.0085	75.0072	80.0053	85.0028	90.0000

Gambar V.36 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi C (Kapal 50% Full Load)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kondisi 50% seperti yang dijelaskan pada Gambar V.37 berikut ini:

Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

1. Jika GZ max terjadi pada $\theta = 15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ ≥ 0.085 m.rad
Dan jika GZ max terjadi pada $\theta = 30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad
Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari:

$$A = 0.055 + 0.002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max}) \text{ meter} \cdot \text{radian}$$

θ GZmax = 17° (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)
maka
A minimal = 0.080 meter.rad
A sebenarnya = 0.417 meter.rad
Kondisi = **Accepted**

2. Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0.03 meter radian.
 A_{30-40} min = 0.030 meter.rad
 A_{30-40} = 0.248 meter.rad
Kondisi = **Accepted**

3. GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat
Gz 30° min = 0.200 meter
Gz 30° = 1.554 meter
Kondisi = **Accepted**

4. GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
 θ GZmax min = 15° derajat
 θ GZmax = 17° derajat
Kondisi = **Accepted**

5. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.35 meter.
GM min = 0.350 meter
GM = 8.074 meter
Kondisi = **Accepted**

Gambar V.37 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal 50% *Full Load*

V.1.12.4. Kondisi D (75 % *Full Load*)

Kondisi D ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan 75% *full load*. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kondisi 75% *full load* dimana pada saat itu berat *payload* dan berat *consumable* pada kondisi 75%. (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kondisi 75% pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.38 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	3.000	3.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navig.	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading can	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	padle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.037	0.037			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.037	0.037			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadca			18.219	0.000	0.000	-0.219	0.000	1.460	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.460		

Gambar V.38 *Input* Data Beban Kondisi D (Kapal 75% *Full Load*)

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.39 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.631	1.242	1.731	1.780	1.689	1.548	1.413	1.266	1.107	0.939	0.763	0.580	0.391	0.199	0.004	-0.190	-0.384	-0.574
2	Area under GZ curve	0.0000	0.0029	0.0147	0.0342	0.0571	0.0797	0.0988	0.1120	0.1202	0.1234	0.1216	0.1149	0.1034	0.0871	0.0662	0.0408	0.0110	-0.0222	-0.0499
3	Displacement t	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22
4	Draft at FP m	0.642	0.640	0.627	0.575	0.388	0.172	-0.065	-0.326	-0.615	-0.942	-1.327	-1.795	-2.396	-3.208	-4.389	-6.313	-10.083	-21.291	n/a
5	Draft at AP m	0.660	0.661	0.658	0.632	0.497	0.283	0.055	-0.185	-0.443	-0.732	-1.063	-1.454	-1.967	-2.643	-3.627	-5.226	-8.375	-17.728	n/a
6	WL Length m	9.198	9.278	9.354	9.414	9.419	9.418	9.417	9.416	9.417	9.421	9.427	9.436	9.448	9.465	9.491	9.538	9.605	9.605	9.606
7	Beam max extends on	6.000	6.010	5.914	5.511	3.123	3.134	3.098	2.930	2.746	2.569	2.395	2.221	2.049	1.875	1.744	1.718	1.701	1.692	1.693
8	Wetted Area m ²	46.943	47.081	46.676	42.769	34.557	34.583	34.798	35.284	35.591	35.815	36.010	36.177	36.304	36.401	36.478	36.523	36.547	36.562	36.567
9	Waterpl. Area m ²	31.663	31.659	30.393	25.245	17.064	17.690	17.927	17.357	17.000	16.738	16.477	16.212	15.954	15.726	15.550	15.413	15.338	15.329	15.400
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.935	0.925	0.913	0.899	0.892	0.891	0.890	0.888	0.884	0.879	0.873	0.867	0.860	0.852	0.845	0.836	0.826	0.823	0.822
11	Block coeff. (Cb)	0.488	0.374	0.306	0.279	0.463	0.458	0.450	0.482	0.508	0.535	0.568	0.603	0.646	0.700	0.750	0.759	0.767	0.781	0.795
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.267	-0.268	-0.269	-0.273	-0.282	-0.283	-0.286	-0.289	-0.294	-0.300	-0.306	-0.312	-0.320	-0.327	-0.333	-0.339	-0.344	-0.346	-0.346
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.210	-0.210	-0.216	-0.261	-0.153	-0.154	-0.063	-0.046	-0.027	-0.022	-0.020	-0.021	-0.022	-0.024	-0.025	-0.031	-0.038	-0.048	-0.057
14	GMt corrected m	7.216	7.221	6.613	4.077	-1.214	-1.332	-1.459	-1.620	-1.755	-1.871	-1.973	-2.060	-2.131	-2.183	-2.217	-2.232	-2.228	-2.204	-2.160
15	GML m	10.453	10.426	9.891	7.894	4.902	4.983	4.895	4.624	4.408	4.239	4.085	3.944	3.820	3.724	3.670	3.632	3.631	3.663	3.743
16	Max deck inclination de	0.1093	5.0017	10.0018	15.0038	20.0097	25.0074	30.0063	35.0064	40.0069	45.0074	50.0081	55.0085	60.0089	65.0089	70.0083	75.0071	80.0053	85.0028	90.0000

Gambar V.39 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi D (Kapal 75% *Full Load*)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kondisi 75% seperti yang dijelaskan pada Gambar V.40 berikut ini:

1	Jika GZ max terjadi pada $\theta = 15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penagak GZ ≥ 0.085 m.rad																			
	Dan jika GZ max terjadi pada $\theta = 30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.051 m.rad																			
	Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari:																			
	$A = 0.055 + 0.002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max})$ meter - radian																			
	$\theta \text{ GZmax} = 15^\circ$ (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)																			
	maka																			
	A minimal = 0.077 meter.rad																			
	A sebenarnya = 0.299 meter.rad																			
	Kondisi = Accepted																			
2	Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0.03 meter radian.																			
	$A_{30-40} \text{ min} = 0.030$ meter.rad																			
	$A_{30-40} = 0.246$ meter.rad																			
	Kondisi = Accepted																			
3	GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30 derajat																			
	$Gz_{30^\circ} \text{ min} = 0.200$ meter																			
	$Gz_{30^\circ} = 1.548$ meter																			
	Kondisi = Accepted																			
4	GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat																			
	$\theta \text{ GZ}_{\text{max}} \text{ min} = 15^\circ$ derajat																			
	$\theta \text{ GZ}_{\text{max}} = 19^\circ$ derajat																			
	Kondisi = Accepted																			
5	Ketinggian metacenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.35 meter.																			
	$GM \text{ min} = 0.350$ meter																			
	$GM = 3.074$ meter																			
	Kondisi = Accepted																			

Gambar V.40 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal 75% *Full Load*

V.1.12.5. Kondisi E (100 % *Full Load*)

Kondisi E ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan 100% *full load*. Kondisi ini adalah kondisi yang sangat penting diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi dengan keadaan *full load*. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kondisi 100% *full load* dimana pada saat itu berat *payload* dan berat *consumable* pada kondisi 100%. (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kosong pada komponen tersebut antara lain berat komponen,

LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.41 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specif
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.738	0.000	User Specif
3	payload	1	4.000	4.000			0.188	0.000	1.958	0.000	User Specif
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specif
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.420	0.000	3.808	0.000	User Specif
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.508	0.000	User Specif
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.508	0.000	User Specif
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.738	0.000	User Specif
9	storage crane	1	1.500	1.500			0.188	0.000	1.738	0.000	User Specif
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.738	0.000	User Specif
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.568	0.000	User Specif
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.258	0.000	User Specif
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.908	0.000	User Specif
14	bahan bakar m	1	0.049	0.049			-1.600	0.000	0.508	0.000	User Specif
15	bahan bakar g	1	0.049	0.049			-0.600	0.000	0.508	0.000	User Specif
16	crew	1	0.156	0.156			0.188	0.000	2.508	0.000	User Specif
17	Total Loadgr			19.243	0.000	0.000	-0.263	0.000	1.484	0.000	
18	F5 correction								0.000		
19	VCG fluid								1.484		

Gambar V.41 *Input Data Beban Kondisi E (Kapal 100% Full Load)*

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.42 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.593	1.174	1.661	1.778	1.666	1.541	1.401	1.249	1.087	0.915	0.737	0.552	0.363	0.171	-0.024	-0.218	-0.410	-0.598
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.4845	5.9066	13.0976	21.8442	30.4931	38.5079	45.8718	52.5815	58.3445	63.3527	67.4863	70.7115	73.0014	74.3363	74.7041	74.1009	72.5308	70.0064
3	Displacement t	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24
4	Draft at FP m	0.681	0.679	0.668	0.625	0.462	0.246	0.009	-0.247	-0.530	-0.851	-1.228	-1.681	-2.285	-3.052	-4.196	-6.058	-9.710	-20.527	n/a
5	Draft at AP m	0.684	0.685	0.684	0.662	0.548	0.334	0.113	-0.119	-0.370	-0.649	-0.971	-1.359	-1.844	-2.495	-3.441	-4.977	-8.002	-16.988	n/a
6	WVL Length m	9.215	9.295	9.372	9.431	9.443	9.443	9.442	9.442	9.445	9.451	9.460	9.473	9.480	9.515	9.553	9.604	9.605	9.605	9.606
7	Beam max extents on	6.000	6.015	5.942	5.594	3.140	3.141	3.020	2.842	2.673	2.507	2.343	2.177	2.012	1.845	1.721	1.701	1.688	1.683	1.687
8	Wetted Area m²	48.136	48.274	48.043	45.101	35.776	35.841	36.452	36.929	37.207	37.357	37.470	37.580	37.681	37.758	37.817	37.852	37.877	37.886	37.888
9	Waterpl. Area m²	31.694	31.748	30.791	28.641	17.134	17.610	16.924	16.322	15.985	15.842	15.738	15.614	15.475	15.339	15.225	15.144	15.110	15.141	15.247
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.945	0.935	0.923	0.909	0.900	0.900	0.896	0.886	0.880	0.885	0.879	0.872	0.864	0.856	0.847	0.838	0.834	0.831	0.829
11	Block coeff. (Cb)	0.496	0.383	0.314	0.283	0.468	0.465	0.479	0.503	0.527	0.554	0.584	0.620	0.663	0.716	0.763	0.769	0.781	0.793	0.806
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.247	-0.248	-0.249	-0.252	-0.260	-0.261	-0.264	-0.269	-0.274	-0.280	-0.286	-0.292	-0.300	-0.308	-0.314	-0.328	-0.324	-0.326	-0.326
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.205	-0.205	-0.207	-0.220	-0.133	-0.112	-0.047	-0.023	-0.005	0.003	0.002	-0.004	-0.008	-0.014	-0.022	-0.032	-0.043	-0.054	-0.063
14	GML corrected m	6.774	6.806	6.366	4.410	-1.221	-1.348	-1.521	-1.676	-1.805	-1.913	-2.004	-2.081	-2.143	-2.188	-2.216	-2.226	-2.218	-2.190	-2.142
15	GVL m	9.865	9.859	9.461	7.957	4.657	4.621	4.290	3.962	3.758	3.614	3.508	3.413	3.330	3.266	3.223	3.204	3.211	3.261	3.356
16	Max deck inclination de	0.0221	5.0002	10.0095	15.0015	20.0060	25.0046	30.0048	35.0053	40.0061	45.0068	50.0075	55.0080	60.0086	65.0087	70.0082	75.0070	80.0052	85.0028	90.0000

Gambar V.42 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi E (Kapal 100% *Full Load*)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kosong seperti yang dijelaskan pada Gambar V.43 berikut ini:

Page 3

Gambar V.43 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal 100% *Full Load*

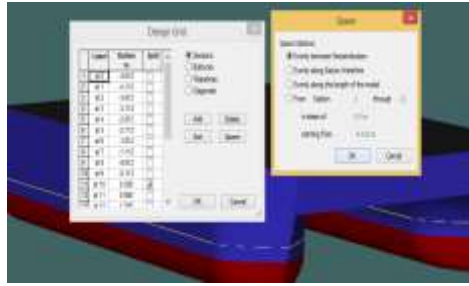
Setelah ke lima *loadcase* tersebut di analisis, hasil yang diperoleh kemudain dibandingkan dengan kriteria yang dijadikan sebgai acuan. Pada Tabel V.30 dijelaskan hasil yang diperoleh dari perhitungan stabilitas sebagai berikut:

Tabel V.30 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

Kriteria	Batasan	Satuan	Loadcase				
			A	B	C	D	E
Aθmax	≥ 0,075	m.deg	0.457	0.432	0.417	0.399	0.382
Aθ ₍₃₀₋₄₀₎	≥ 0,03	m.deg	0.256	0.251	0.248	0.246	0.244
GZθ30	≥ 0,2	m	1.589	1.563	1.554	1.548	1.541
θGZmax	≥ 15	deg	17°	17°	17°	19°	20°
GM	≥ 0,35	m	10.28	9.648	9.151	8.680	8.262
Status			<i>Accepted</i>	<i>Accepted</i>	<i>Accepted</i>	<i>Accepted</i>	<i>Accepted</i>

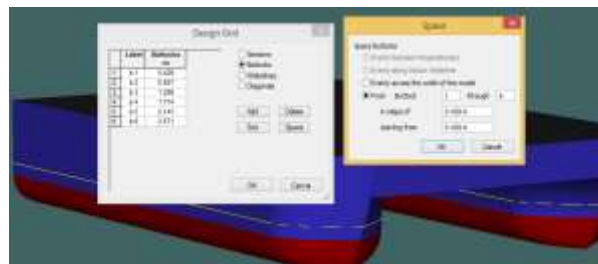
V.1.13.Pembuatan Rencana Garis

Rencana garis merupakan langkah dasar dari tahap mendesain sebuah kapal dan memiliki fungsi untuk memberikan gambaran umum bentuk tiga dimensi badan kapal. Rencana garis ini dijadikan dasar untuk mendesain kapal secara lengkap, mulai dari perhitungan untuk mengetahui karakteristik kapal, menentukan pembagian ruang di kapal, menentukan daya muat kapal, serta menghitung dan memeriksa kemampuan olah gerak kapal selama pelayaran. Rencana garis diproyeksikan ke 3 bidang, yaitu Bidang Garis Air, Bidang Tengah Kapal, dan Bidang Diametral.



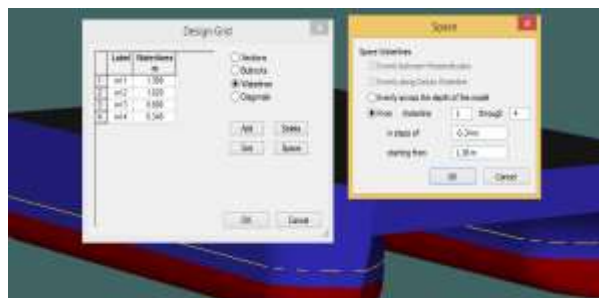
Gambar V.47. Langkah-langkah Mengatur *Station*

5. Mengatur *Buttocks* atau bidang diametral. Mula-mula klik centang pada menu *Buttocks*. Kemudian *Buttocks* ditambahkan sebanyak 4 (empat) buah. Setelah itu jarak antar *Buttocks* diatur mulai dari (*starting from*) 0.429 meter dan berjarak (*in steps of*) 0.429 meter juga. Pengaturan *Buttocks* dapat dilihat pada Gambar V.48 berikut ini.



Gambar V.48. Langkah-langkah Mengatur *Buttocks*

6. Mengatur *Waterlines* atau bidang garis air. Sama seperti mengatur *Buttocks*, mula-mula klik centang pada menu *Waterlines*. Kemudian *Waterlines* ditambahkan sebanyak 4 (empat) buah. Setelah itu jarak antar *Waterlines* diatur mulai dari (*starting from*) -0,34 meter dan berjarak (*in steps of*) 1.36 meter. Pengaturan *Waterlines* dapat dilihat pada Gambar V.49 berikut ini.



Gambar V.49. Langkah-langkah Mengatur *Waterlines*

Setelah semua komponen *Design Grid* diatur, maka kapal telah mendapatkan bidang-bidang potongnya. Kemudian tiap-tiap pandangan kapal di-*export* ke *AutoCAD* dan lembar kerja berpindah ke *AutoCAD*. Tujuan menggunakan *AutoCAD* adalah untuk memperhalus Rencana Garis dan disesuaikan standar yang ada. Gambar Rencana Garis dapat dilihat pada Lampiran C *Lines Plan*

V.1.14. Pembuatan Rencana Umum

Rencana umum dapat didefinisikan sebagai gambar perencanaan dan pembagian ruang untuk semua kebutuhan dan perlengkapan kapal sesuai lokasi dan akses yang dibutuhkan. Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya. Dengan rencana garis, secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Karakteristik rencana umum dapat dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- Penentuan lokasi ruang utama
- Penentuan batas-batas ruangan
- Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

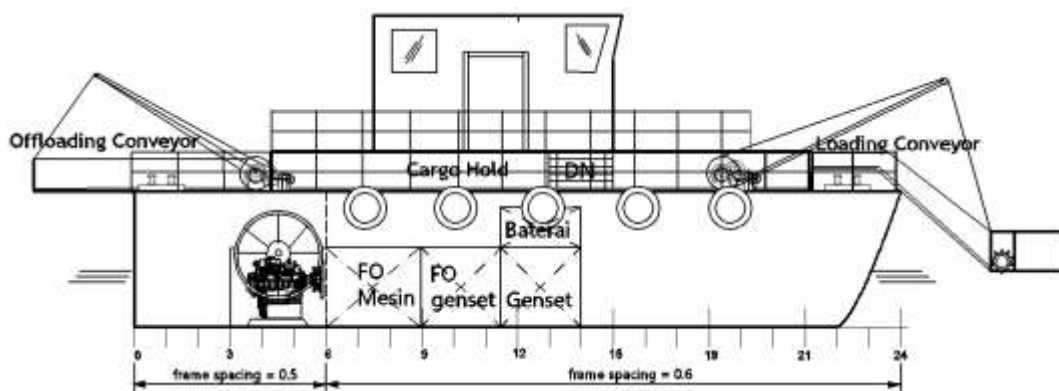
Dalam membuat Rencana Umum, digunakan *Software AutoCAD*. Berikut komponen-komponen yang direncanakan dalam Rencana Umum *Weed Aquatic and Trash Skimmer Boat*.

1. Perencanaan Ruang Muat

Bak penampungan atau ruang muat dirancang berbentuk kotak dan diletakan di atas geladak diantara *demihull*. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan volume sampah dan tumbuhan air yang dapat diangkut lebih banyak dikarenakan kapal memiliki geladak yang cukup luas. Tinggi bak penampungan sebesar 0.5 m, panjang 6 m, dan lebar 2 m.

2. Rencana Konstruksi

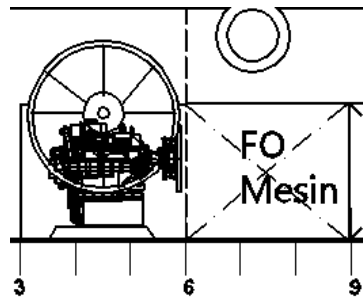
Seperti yang pernah dibahas pada Bab V.1.9.1, perencanaan konstruksi kapal meliputi 0,51 meter untuk daerah buritan, 0,61 meter untuk daerah *midship* kapal, dan haluan kapal. Uraian rencana konstruksi dapat dilihat pada *Profile View* seperti pada Gambar V.50 berikut.



Gambar V.50 Rencana Konstruksi pada *Profile View*

3. Perencanaan Tangki Bahan Bakar

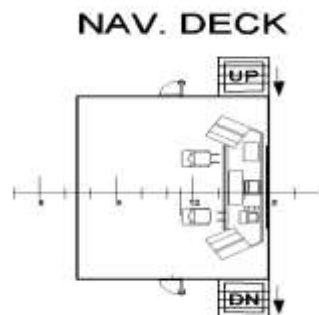
Perencanaan tangki disesuaikan dengan kebutuhan *main engine*, genset, dan motor listrik *Winch* dan *Conveyor*. Total kebutuhan *Fuel Oil* kapal sebesar 60 liter. Sehingga tangki memiliki volume sebesar 0,06 m³. Perencanaan tangki dapat terletak antara *frame 6 – frame 9* yang dapat dilihat pada potongan *Profile View* seperti pada Gambar V.51 berikut.



Gambar V.51 Perencanaan Tangki Bahan Bakar

4. Perencanaan Ruang Navigasi

Ruang navigasi berbentuk simetris terletak di tengah kapal dan di atas bak penampungan. Hal tersebut bertujuan untuk menjaga jarak pandang dan agar saat beroperasi crew dapat melihat dengan jelas bagian haluan kapal. Direncanakan ruang navigasi memiliki panjang 3 meter dan lebar 3 meter, hal ini tentunya sudah diukur dan diperhitungkan agar *crew* dapat berkerja secara optimal serta peralatan navigasi dapat masuk dalam ruang navigasi. Contoh potongan gambar ruang navigasi dapat dilihat pada Gambar V.52 berikut.



Gambar V.52 Navigation

5. Perencanaan Conveyor

Conveyor yang direncanakan adalah penggunaan 3 buah *conveyor* diantara kedua lambung adalah pilihan terbaik. Ketiga *conveyor* ini adalah *loading conveyor* yang terletak pada haluan yang berfungsi sebagai penangkap sekaligus memuat (*loading*) muatan untuk ditampung kedalam bak penampung yang dimana pada dasar bak ini juga tersedia *storage conveyor*, dan *Offloading conveyor* diletakkan pada buritan yang

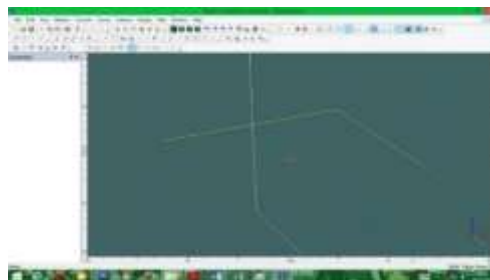
berfungsi untuk menurunkan muatan didarat lalu dimasukan kedalam truk. *Conveyor* yang digunakan merupakan *Conveyor Modules* dengan jenis *Interrol Belt Conveyor tipe BM 8444* untuk *loading conveyor* dan *interrol belt conveyor tipe BM 8420* untuk *storage* dan *offloading conveyor*.

Untuk Gambar Rencana Umum secara detail dapat dilihat pada Lampiran D *General Arrangement*.

V.1.15.Desain Model 3D Kapal

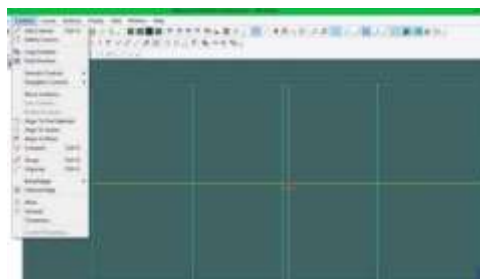
Model 3D *Aquatic Weed and Trash Skimmer Boat* di desain dengan bantuan *software Maxsurf Modeler Advanced*. Sebenarnya, model 3D sudah dapat dibuat saat sudah mendapatkan ukuran utama awal kapal. Namun, model masih berbentuk *draft* dan masih dapat berubah sesuai dengan ketentuan analisis teknis. Bentuk *draft* model 3D kapal juga dibutuhkan untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal. Untuk membuat model 3D kapal, berikut langkah-langkah yang dilakukan:

1. Mula-mula masuk ke lembar kerja *Maxsurf Modeler Advanced* seperti pada Gambar V.53 berikut.



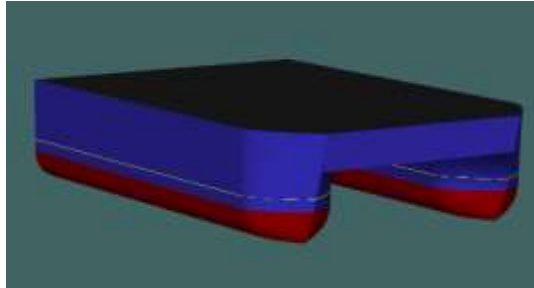
Gambar V.53 Lembar Kerja *Maxsurf Modeler Advanced*

2. Kemudian mulai membentuk *surface*. Jumlah dan jenis *surface* yang dipilih sesuai dengan keinginan asalkan menghasilkan bentuk yang bagus dan sesuai. *Surface-surface* tersebut kemudian ditambahkan beberapa *Control Point* agar mudah dibentuk seperti pada Gambar V.54 berikut:



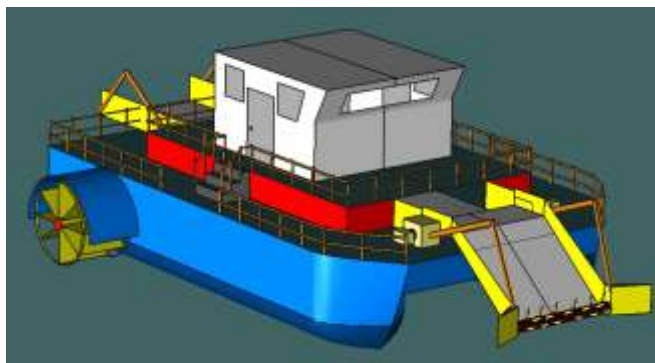
Gambar V.54 Penambahan *Control Point*

3. Selanjutnya *surface* mulai dibentuk menjadi kapal. Proses pembentukan ini terbilang cukup lama karena membutuhkan ketelitian agar tidak terjadi anomali *surface* dan agar dapat menghasilkan bentuk badan kapal yang baik. Proses pembentukan badan kapal dapat dilihat pada Gambar V.55 berikut:



Gambar V.55 Model 3D Lambung Kapal

4. Proses *rendering* dilakukan berulang-ulang agar benar-benar mendapatkan bentuk badan kapal yang bagus.
5. Jika lambung kapal dianggap sudah baik, maka selanjutnya mendesain komponen-komponen lain pada kapal seperti bangunan atas, *conveyor*, *winch*, dll. Proses yang dilakukan sama dengan cara membuat badan kapal, yakni menggunakan *surface* per *surface* sampai mendapatkan bentuk yang diinginkan dengan proses *rendering* yang berulang-ulang juga.
6. Setelah semua komponen telah di desain, maka selanjutnya adalah proses penggabungan. Komponen-komponen yang telah dibuat digabungkan dengan lambung kapal. Contoh proses penggabungan komponen-komponen dapat dilihat pada Gambar V.56 berikut:



Gambar V.56 Contoh Proses Penggabungan Komponen-komponen

7. Jika model 3D telah dibuat, maka gambar Rencana Garis dan Rencana Umum dapat dibuat.
8. Tahap yang harus diulangi adalah proses *rendering*. Jika bentuk 3D pada *Maxsurf Modeler Advanced* dirasa kurang baik, bisa dilakukan proses *rendering*

menggunakan *software* yang lain seperti *Rhinoseros*, atau *3DMax*. Pada Tugas Akhir ini, proses *rendering* menggunakan *Rhinoseros*.

Untuk detail *3D Model* yang dibuat dapat dilihat pada lampiran F.

V.1.16. Sistem Transmisi dan Sistem Kemudi

Pada perancangan kapal pembersih ini sistem propulsi sekaligus juga digunakan sebagai sistem kemudi. Sistem propulsi yang direncanakan untuk menggerakkan kapal kerja ini adalah menggunakan *paddle wheel* dan poros transmisi ke *motor DC* yang digerakan dari sumber arus listrik dengan baterai/*accu* sebagai sumber energinya.

- *Motor DC*

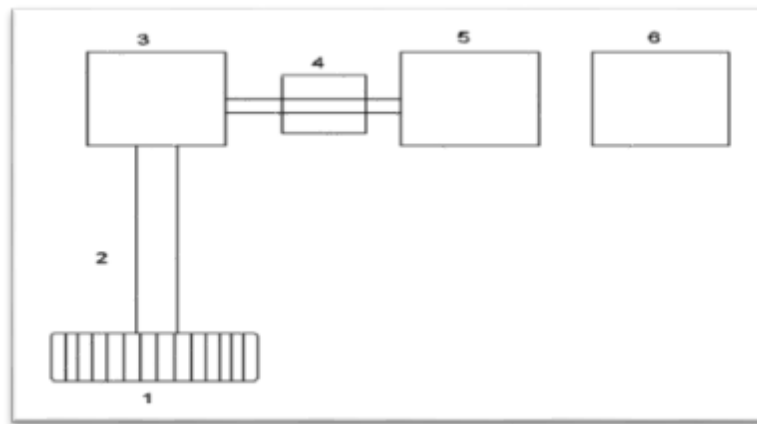
Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor. *Motor DC* memiliki 2 bagian dasar yaitu:

1. Bagian yang tetap/*stasioner* yang disebut *stator*. *Stator* ini menghasilkan medan magnet baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.
2. Bagian yang berputar disebut rotor, rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

- Baterai/*Accu*

Baterai adalah obyek kimia penyimpan arus listrik. Baterai tidak seratus persen efisien, beberapa energi hilang seperti panas dari reaksi kimia selama *charging* dan *discharging*. *Charging* adalah saat energi listrik diberikan kepada baterai, sedangkan *discharging* adalah pada saat energi listrik diambil dari baterai. Baterai tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran. Ada dua jenis baterai yaitu *Disposable* dan *Rechargeable*, dan kapal ini direncanakan menggunakan baterai tipe *rechargeable* agar lebih praktis dan efisien.

Sistem propulsi pada kapal kerja ini direncanakan menggunakan sistem *paddle wheel* yang digerakan oleh motor DC dengan sumber listrik dari baterai/*accu*. Sistem propulsi pada kapal ini dapat dilihat pada Gambar V.57:



Gambar V.57 Sistem Transmisi Kapal

Keterangan Gambar

1. *Paddle wheel*.
2. Poros utama.
3. Motor.
4. Terminal.
5. Generator.
6. Baterai.

Dari Gambar V.57 dapat dilihat mesin kapal diletakkan di samping yaitu pada bagian *demi-hull*, hal ini dengan tujuan agar mesin langsung terhubung melalui poros dengan *paddle wheel* yang sebagai sistem penggerakannya. Secara garis besar sistem propulsi pada kapal ini menyerupai dengan sistem propulsi kendaraan darat, seperti mobil maupun truk. Yaitu poros utama langsung terhubung dengan *paddle wheel*.

Arus listrik yang dihasilkan generator dihubungkan dengan terminal utama melalui rangkaian penghubung. Rangkaian penghubung ini dimaksudkan untuk menghubungkan dan memutuskan arus pada saat terjadi *over load* dan hubungan singkat, untuk perhitungan yang lebih detail dapat dilihat Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

Daya yang dikeluarkan mesin mengakibatkan poros utama berputar. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor sehingga *paddle wheel* dapat berputar kedepan dan kebelakang untuk *manuver* yang diinginkan (Adjie, 1995).

V.2. Perhitungan Ekonomis

Perhitungan ekonomis ini mencakup perhitungan biaya pembangunan. Total dari biaya pembangunan selanjutnya disebut sebagai biaya investasi. Karena kapal yang menjadi objek penelitian dalam Tugas Akhir ini bukanlah kapal yang digunakan untuk kepentingan komersil (niaga), maka tidak dilakukan perhitungan dan analisis mengenai untung ruginya kapal ketika dioperasikan.

V.2.1. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal

Adapun biaya pembangunan kapal ini mencakup beberapa biaya pokok, yakni biaya berat baja kapal, biaya elektroda, biaya permesinan kapal, biaya peralatan dan perlengkapan kapal serta Biaya koreksi keadaan pemerintah dan kebijakan pemerintah seperti yang sudah dijelaskan pada Tabel V.31 berikut:.

Tabel V.31 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Pembangunan

	Variabel	Nilai
1.	Biaya Berat Baja Kapal	
	Berat Baja Kapal	10.707 Ton
	Harga Baja Kapal <i>Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2017(http://www.krakatausteel.com/=viewnews&action=1890)</i>	600 USD/Ton
	Total	11.824 USD
2	Biaya Elektroda	
	Berat elektroda diasumsikan sebesar 6% dari berat baja kapal	0.642 Ton
	Harga elektroda (Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com)	500 USD/Ton
	Total	321 USD
3	Biaya Permesinan Kapal	
	Harga Mesin <i>Lenze MGFRK 132-22</i>	6.100 USD
	Harga untuk 2 mesin <i>Sumber: Offshore Marine Service of Ireland</i>	12.200 USD
	Harga <i>Generator Set Cartepillar</i>	7.995 USD
	Harga Untuk 2 Genset <i>Sumber: Cartepillar Generator Set Catalouge</i>	15.990 USD
	Harga Baterai <i>Elco E=Power Electric Performance</i>	3.400 USD
	Harga untuk 2 baterai	6.800 USD

	<i>Sumber: Alibaba</i>	
	Harga Motor Listrik Toshiba untuk <i>Winch</i> dan <i>conveyor</i> (<i>Sumber: Toshiba 2011 Motor Catalogue</i>)	434 USD
	Harga Komponen Kelistrikan Saklar, kabel, terminal dll, diasumsikan sebesar	300 USD
	Total	39.626 USD
4	Biaya Peralatan dan Perlengkapan	
	<i>Conveyor Belt</i> (<i>Sumber: kailirubber.com</i>)	1.972 USD
	<i>Paddle Wheel</i> (diasumsikan)	
	Harga satu unit	2.000 USD
	Railing	336 USD
	Kaca	19 USD
	Kursi Operator	240 USD
	Peralatan Navigasi	970 USD
	Peralatan Komunikasi	172 USD
	Total	5.709 USD
	Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal	
	Baja Kapal	11.824 USD
	Elektroda	321 USD
	<i>Equipment&Outfitting</i>	5.709 USD
	Permesinan	39.626 USD
	Total Harga (USD)	57.481 USD
	Kurs Rp-USD (per 1 Mei 2018, BI)	14.100 Rp/USD
	Total Harga Awal (Rupiah)	Rp.795.073.792,-
5	Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah (<i>sumber: Tugas Akhir "Studi Perancangan Trash Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta", 2012</i>)	
	Jasa Pembangunan Kapal 10% dari biaya pembangunan awal	Rp. 39.753.690,-
	Biaya Untuk Inflasi 5% dari biaya pembangunan awal	Rp. 15.901.476,-
	10% PPN	Rp. 81.047.863,-
	15% PPH	Rp. 121.571.795,-
	Total Biaya Koreksi	Rp. 324.191.454,-

Selanjutnya biaya pembangunan dapat ditentukan dengan rumus:

$$BP = BPA + KG + I + PP \quad (5.36)$$

Keterangan:

BP = Biaya Pembangunan

BPA =Biaya Pembangunan Awal

KG =Keuntungan Galangan

I =Biaya Inflasi

PP =Pajak Pemerintah

. Dengan demikian biaya pembangunan kapal ini sebesar: Rp.1.134.670.088,-. Untuk lebih jelasnya lagi dapat dilihat Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Setelah melalui berbagai tahapan desain dan juga analisis teknis beserta perhitungan ekonomisnya, maka dari Tugas Akhir ini bisa ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data jumlah sampah dan tumbuhan air yang diperoleh dari Perum Jasa Tirta I Surabaya dapat ditentukan volume sampah dan tumbuhan air yang dapat diangkut oleh kapal setiap beroperasi sebesar 4 ton.
2. Didapatkan Ukuran Utama yang optimum yaitu dengan ukuran $L_{oa} = 9,6$ m, $L_{wl} = 9,2$ m, $B = 6$ m, $B_{oa} = 8$ m $H = 1.73$ m, $T = 0.7$ m yang sesuai dengan karakteristik kebutuhan Sungai Kalimas Surabaya
3. Berdasarkan analisis teknis yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a) Berat kapal diperoleh LWT sebesar 14.890 ton, dan DWT sebesar 4.264 ton, serta memiliki *displacement* sebesar 19.32 ton.
 - b) Syarat minimum *freeboard* sebesar 0.297 m dan hasil perhitungan *freeboard* yang direncanakan telah memenuhi yaitu sebesar 1.03 m.
 - c) Hasil perhitungan Trim dan Stabilitas telah memenuhi persyaratan dan dapat dilihat pada Lampiran B.
4. Kapal kerja ini didesain menggunakan *paddle wheel* untuk sistem penggeraknya karena sangat cocok dengan karakteristik Sungai Kalimas yang dangkal dan relatif sempit, sehingga diharapkan kapal ini dapat bekerja secara optimal dan efisien. Untuk gambar *Lines Plan* dan *General Arrangement* serta 3D Model dapat dilihat pada Lampiran C, Lampiran D, dan Lampiran E.
5. Desain kapal kerja yang memiliki konfigurasi lambung *catamaran* ini dilengkapi tiga buah *conveyor belt* yang terdiri dari *Loading Conveyor*, *Storage Conveyor*, dan *Offloading Conveyor*, serta dilengkapi alat pemotong (*cutter*) yang terletak di depan *Loading Conveyor*. Rancangan ini merupakan desain yang cocok untuk karakter sampah dan tumbuhan air yang ada di Sungai Kalimas Surabaya.
6. Berdasarkan hasil perhitungan ekonomis, kapal kerja yang direncanakan ini dapat dibangun dengan biaya pembangunan sebesar Rp. 1.134.670.088,- (Satu milyar seratus

tiga puluh empat juta enam ratus tujuh puluh ribu delapan puluh delapan rupiah) per unitnya.

VI.2. Saran

Adapun saran dari Tugas Akhir kapal pembersih ini antara lain sebagai berikut:


1. Dalam upaya mengembalikan keragaman ekosistem dan kualitas sumber daya alam Sungai Kalimas Surabaya memerlukan biaya yang tidak sedikit, oleh karena itu harusnya pemerintah menaikkan anggaran untuk kebersihan nasional agar tercapainya kesejahteraan rakyat dimasa depan.
2. Diperlukan adanya sinergi yang baik antara pemerintah dan masyarakat untuk menjaga kelestarian dan kebersihan lingkungan, terutama agar tidak membuang sampah sembarangan ke sungai.
3. Karena desain merupakan proses berkelanjutan dan berulang, maka perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai sistem kelistrikan dan navigasi kapal agar bisa dioperasikan dengan mudah oleh Dinas Kebersihan Kota Surabaya.
4. Perlu adanya perhitungan struktur lambung beserta konstruksinya yang lebih detail.
5. Perlu adanya analisis yang lebih detail mengenai sistem penggerak *Paddle Wheel* yang sesuai dengan kebutuhan kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiba, N. F. (2016). Desain Trash Skimmer Amphibi-Boat Di Sungai Ciliwung Jakarta. *Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS*, 1-10.
- Adjie, S. (1995). Evaluasi Teknis Sistem Propulsi Motor Sailing Boat Maruta Jaya 900. *Laporan Penelitian TSP-FTK ITS; Surabaya*.
- Arianto, W. (2015). Desain Kapal Wisata Katamaran Untuk Kepulauan Karimun Jawa. *Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS*, 1-10.
- Chrismianto, D. (2014). pengaruh variasi bentuk hull kapal catamaran terhadap besar hambatan total menggunakan CFD. *Jurnal Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 1-4.
- Evans, J. (1959). *Parametric Design*
- Hastijanti, R. (2010). Permasalahan dan Solusi Pelestarian Kawasan Kota Lama Kalimas. *Seminar Pelestarian Kawasan Kota Lama Volume 1*, 1-5.
- Insel, M. (1992). An Investigation Into Resistance Components of High Speed Displacement Catamaran. 1-5.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume II*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Kementrian Perhubungan, (2009). *Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia Bab VI*. Kementrian Perhubungan.
- Kurniawati, H.A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Mandasari, Y. (2011). Desain Konseptual Kapal Pembersih Sampah Untuk Dioperasikan Di Sungai Kalimas Surabaya. *Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS*, 1-10
- Muin, S. (1986). *Dasar Dasar Perancangan dan Mesin mesin Perkakas*. jakarta.
- Nadiyas, A. (2017). Analisa Kekuatan Cross Deck Terhadap Perubahan Bentuk Variasi Haunch Pada Kapal Ikan Katamaran Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 189-190.
- Parson, M. (2003). *Parametric Design*.
- Pramoko, A. (2013). Studi Perancangan Trash Skimmer Boat di Perairan Teluk Jakarta. *Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan*, 1-10.
- Primaningtyas, A. (2015). Desain Kapal Wisata Sungai Dengan Penggerak Paddle Wheel Untuk Sungai Jagir Surabaya. *Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS*, 1-10.
- Santosa, I. (1999). *Diktat Kuliah Perencanaan Kapal*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS.
- Taggart, D. (1998). *Ship Design and Construction, Chapter 5 Section 3 SNAME*.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design*. Oxford.

LAMPIRAN

Lampiran A Data Pendukung
Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis
Lampiran C *Linesplan*
Lampiran D *General Arrangement*
Lampiran E 3D Model
Lampiran F Katalog

The background of the entire page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized 'S' and 'T' inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern, with some logos slightly offset from others to create a sense of depth and movement. The color of the logos is a light blue, which contrasts with the white background.

LAMPIRAN A

DATA PENDUKUNG

KARAKTERISTIK DAN BEBAN PENCEMARAN SUNGAI KALIMAS

Data Sungai Kalimas Surabaya


- Panjang Sungai : 15.000 meter
- Lebar Sungai : 20-35 meter
- Kedalaman Sungai : 3-5 meter


Panjang sungai dibagi kedalam 3 segmen


- Segmen 1 dengan Panjang: 4.000 meter (P1-P50, Pintu Air Ngagel-Dam Gubeng)
- Segmen 2 dengan Panjang: 1.000 meter (P50-P78, Dam Gubeng-Achmad Jais)
- Segmen 3 dengan Panjang: 10.000 meter (P78-P178, Achmad Jais-Muara)

Beban pengangkutan Sampah dan Enceng gondok di Sungai Kalimas Surabaya

Volume sampah dan enceng gondok yang ada di permukaan sungai kalimas didapatkan berdasarkan data yang diberikan oleh Perum Jasa Tirta I

 JASA TIRTA I		Pengukuran Volume Sampah di Sungai Kalimas P1-P50 (Pintu Air Ngagel-Dam Gubeng) Tahun 2009-2010					
No	Bulan	Minggu					Jumlah
		1	2	3	4	5	
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
1	Januari	8.4	18	18.3	18.9	18.3	81.9
2	Februari	19.2	17.7	20.4	18.3	0	75.6
3	Maret	20	19.5	19.5	19.6	9.9	88.5
4	April	11.1	20.4	18	16.8	12.9	79.2
5	Mei	6.9	17.1	17.1	14.2	3.3	58.6
6	Juni	15.9	16.8	16.5	17.1	7.5	73.8
7	Juli	10.8	17.4	18	16.8	14.7	77.7
8	Agustus	3	18.3	18	17.1	6	62.4
9	September	12.9	18.3	18.9	19.5	9.3	78.9
10	Oktober	6.1	20.4	18.3	18.9	19.2	82.9
11	November	18.6	18.9	19.2	18.6	5.7	81
12	Desember	13.5	18.9	19.2	18.6	15.3	85.5
						Total	926

 JASA TIRTA I		Pengukuran Volume Sampah di Sungai Kalimas P78-P178 (Achmad Jais-Muara) Tahun 2009-2010					
No	Bulan	Minggu					Jumlah
		1	2	3	4	5	
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
1	Januari	12	24.6	25.5	26.7	25.8	114.6
2	Februari	27	24.9	28.9	25.8	0	106.6
3	Maret	27.3	28.2	27.3	26.1	14.1	123
4	April	15.6	29.1	25.2	24	18	111.6
5	Mei	9.9	24.3	24.3	24.6	4.8	87.9
6	Juni	22.5	24	23.1	24	10.5	103.8
7	Juli	15.3	24.6	25.2	23.7	21	109.8
8	Agustus	4.2	25.8	25.2	24	6.6	85.5
9	September	18	25.8	26.7	27.6	13.2	111.3
10	Oktober	11.4	29.1	25.8	26.7	27.3	120.3
11	November	26.1	26.7	27.3	26.1	8.1	114.3
12	Desember	19.2	27	25.8	25.5	20.7	118.2
						Total	1306.9

 JASA TIRTA I		Pengukuran Luasan Enceng Gondok di Sungai Kedurus dan Gunungsari Tahun 2016	
No	Sungai	Luasan m^2	
1	Kedurus dan Gunungsari	24.500	
2	Sungai Kalimas 5%	1.225	

Peruntukan Daerah Sempadan Sungai Kalimas Surabaya

			Peruntukan Daerah Sempadan Sungai Kalimas Surabaya		
No	Section	Jarak (m)	Peruntukan		
			Sempadan Kiri	Alur Sungai	Sempadan Kanan
1	P1-P2	105	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi <i>Dumping Area</i> Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Dermaga
2	P2-P4	230	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dumping Area</i> Hutan Kota Dermaga
3	P4-P7	315	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota Dermaga
4	P7-P9	220	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dumping Area</i> Jalan Inspeksi Dermaga
5	P9-P10	80	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota
6	P10-P11	95	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota Parkir
7	P11-P15	410	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota
8	P15-P17	205	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inspeksi Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> Olahraga Air Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dumping Area</i> Jalan Inspeksi Hutan Kota Dermaga

9	P18-P18	105	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
10	P18-P20	180	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
11	P20-P25	495	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
12	P25-P29	445	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
13	P29-P33	395	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Lap. Olahraga
14	P33-P34	100	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota
15	P34-P37	285	<ul style="list-style-type: none"> • Lap. Olahraga • Taman Bermain • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
16	P37-P38	100	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • IPAL • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
17	P38-P39	120	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Parkir • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
18	P39-P42	300	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Dumping Area</i> • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
19	P42-P44	300	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Jogging Track</i> • Hutan Kota • Fas. PDAM 	<ul style="list-style-type: none"> • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Fas. PDAM

20	P44-P46	215	<ul style="list-style-type: none"> • MONKASEL • Dermaga • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
21	P46-P48	235	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
22	P48-P49	120	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota
23	P49-P52	330	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
24	P52-P54	200	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> • Pusat Pameran dan Seni 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
25	P54-P57	310	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> • Pusat Pameran dan Seni 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Taman Bermain • Hutan Kota
26	P57-P58	130	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota
27	P58-P59	120	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Dermaga • Hutan Kota
28	P59-P60	135	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
29	P60-P63	245	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> • Taman Bermain • <i>Dumping Area</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota

30	P63-P67	400	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota
31	P67-P68	100	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Parkir Dermaga 	<ul style="list-style-type: none"> Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota
32	P68-P72	360	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Jalan Inspeksi Dermaga 		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota <i>Dumping Area</i>
33	P72-P74	220	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Jalan Inspeksi 		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota Dermaga
34	P74-P77	310	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Jalan Inspeksi Parkir <i>Dumping Area</i> 		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota Dermaga
35	P77-P78	100	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Jalan Setapak 		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota Dermaga
36	P78-P88	990	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Dermaga 		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota Dermaga
37	P88-P92	400	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Jalan Setapak 		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Setapak Hutan Kota
38	P92-P94	200	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Jalan Inspeksi 		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inpeksi Hutan Kota <i>Dumping Area</i>
39	P94-P95	100	<ul style="list-style-type: none"> Hutan Kota Jalan Setapak 		<ul style="list-style-type: none"> Jalan Inpeksi Hutan Kota

40	P95-P98	340	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota
41	P98-P99	88	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota • Dumping Area
42	P99-P101	201	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota
43	P101-P108	767	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota
44	P108-P110	240	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota • Dumping Area
45	P110-Muara	2620	Dimanfaatkan Untuk Kepentingan PT. Pelindo III setelah berkoordinat dengan Perum Jasa Tirta I selaku pengelola		

Sumber: Perum Jasa Tirta I Kota Surabaya

The background of the entire page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized 'S' and 'T' inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern, with some logos partially obscured by the text in the center.

LAMPIRAN B

ANALISIS TEKNIS DAN

PERHITUNGAN EKONOMIS

Karakteristik Sungai				
Kedalaman sungai	=	3	m	min
	=	5	m	max
Panjang sungai keseluruhan	=	15000	m	
Panjang sungai yang ditinjau	=	4000	m	
Lebar sungai	=	20-35	m	
Tinggi antara permukaan dengan jembatan:				
	jembatan 1	=	3.1	
	jembatan 2	=	3.4	
	jembatan 3	=	3.3	

Penentuan Kapasitas Ruang Muat				
jarak lintasan	=	4000	m	
lebar minimum	=	20	m	
kedalaman minimum	=	3	m	
tinggi jembatan	=	3.1	m	
massa jenis sampah dan enceng g	=	650	kg/m ³	0.65 ton/m ³
volume sampah yg ditinjau	=	926	kg/m ³	
volume enceng gondok yang ditin	=	367.5	kg/m ³	
total volume muatan	=	1293.5	kg/m ³	
jam kerja dalam sehari	=	6	jam	
volume pengangkutan per hari	=	5.4	kg/m ³	
volume ruang muat direncanakan	=	6	kg/m ³	
payload	=	4	ton	
ukuran penampang ruang muat :				
	L	=	6	m
	B	=	2	m
	T	=	0.5	m
ukuran utama awal :				
	L0	=	10	m
	B0	=	6	m
	H0	=	2	m
	T0	=	1	m

Data Ukuran Utama Dasar:				
L ₀	10.0	meter		
B ₀	6.0	meter		
H ₀	2.0	meter		
T ₀	1.0	meter		
V _s	4	knot	2.058	m/s
Froude Number Dasar :				
$Fr_o = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}}$ $= \frac{2.06}{\sqrt{9.81 \times 10.0}}$ $= 0.2078$				
Perbandingan Ukuran Utama Dasar :				
$L_o/B_o = \frac{10.0}{6.0}$ $= 1.67$				
$B_o/T_o = \frac{6.0}{1.0}$ $= 6.00$				
$T_o/H_o = \frac{1.0}{2.0}$ $= 0.50$				

METODE OPTIMASI 256

Variasi Ukuran Utama :

Fr _o + X%	L _o /B _o + X%	B _o /T _o + X%	T _o /H _o + X%	Fr _o =	0.2078
0.1974	1.5833	5.7000	0.4750	L _o /B _o =	1.67
0.2043	1.6389	5.9000	0.4917	B _o /T _o =	6.00
0.2112	1.6945	6.1000	0.5083	T _o /H _o =	0.50
0.2181	1.7500	6.3000	0.5250	V _s	2.06

Variasi pertambahan X%

X	Fr _o + X%	X	L _o /B _o + X%	X	B _o /T _o + X%	X	T _o /H _o + X%
-5.00%	0.1974	-5.00%	1.5833	-5.00%	5.7000	-5.00%	0.4750
-1.667%	0.2043	-1.667%	1.6389	-1.667%	5.9000	-1.667%	0.4917
1.667%	0.2112	1.667%	1.6945	1.667%	6.1000	1.667%	0.5083
5.00%	0.2181	5.00%	1.7500	5.00%	6.3000	5.00%	0.5250

Optimasi 256 :

No	F _n	L	B	B1	S	T	H	Cb	Cm	Cp	Cwp	LCB (%)	LCB (m)	LCB (m)	N̄ (m ³)	D (ton)
1	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.2277	2.5847	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	73.4604	75.2969
2	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.2277	2.4971	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	73.4604	75.2969
3	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.2277	2.4152	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	73.4604	75.2969
4	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.2277	2.3385	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	73.4604	75.2969
5	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1861	2.4971	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	70.9704	72.7447
6	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1861	2.4125	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	70.9704	72.7447
7	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1861	2.3333	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	70.9704	72.7447
8	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1861	2.2593	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	70.9704	72.7447
9	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1472	2.4152	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	68.6431	70.3591
10	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1472	2.3333	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	68.6431	70.3591
11	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1472	2.2568	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	68.6431	70.3591
12	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1472	2.1852	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	68.6431	70.3591
13	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1108	2.3385	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	66.4641	68.1257
14	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1108	2.2593	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	66.4641	68.1257
15	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1108	2.1852	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	66.4641	68.1257
16	0.1974	11.0803	6.9981	2.4991	4.4991	1.1108	2.1158	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	66.4641	68.1257
17	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1861	2.4971	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	68.5649	70.2790
18	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1861	2.4125	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	68.5649	70.2790
19	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1861	2.3333	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	68.5649	70.2790
20	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1861	2.2593	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	68.5649	70.2790
21	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1459	2.4125	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	66.2409	67.8969
22	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1459	2.3307	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	66.2409	67.8969
23	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1459	2.2543	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	66.2409	67.8969
24	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1459	2.1827	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	66.2409	67.8969
25	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1083	2.3333	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	64.0686	65.6703
26	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1083	2.2543	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	64.0686	65.6703
27	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1083	2.1803	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	64.0686	65.6703
28	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.1083	2.1111	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	64.0686	65.6703
29	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.0732	2.2593	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	62.0349	63.5858
30	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.0732	2.1827	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	62.0349	63.5858
31	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.0732	2.1111	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	62.0349	63.5858
32	0.1974	11.0803	6.7609	2.3805	4.3805	1.0732	2.0441	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	62.0349	63.5858
33	0.1974	11.0803	6.5392	2.2696	4.2696	1.1472	2.4152	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	64.1417	65.7452
34	0.1974	11.0803	6.5392	2.2696	4.2696	1.1472	2.3333	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	64.1417	65.7452
35	0.1974	11.0803	6.5392	2.2696	4.2696	1.1472	2.2568	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	64.1417	65.7452
36	0.1974	11.0803	6.5392	2.2696	4.2696	1.1472	2.1852	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	64.1417	65.7452
37	0.1974	11.0803	6.5392	2.2696	4.2696	1.1083	2.3333	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	61.9676	63.5168
38	0.1974	11.0803	6.5392	2.2696	4.2696	1.1083	2.2543	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	61.9676	63.5168
39	0.1974	11.0803	6.5392	2.2696	4.2696	1.1083	2.1803	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	61.9676	63.5168
40	0.1974	11.0803	6.5392	2.2696	4.2696	1.1083	2.1111	0.7716	0.9919	0.7779	0.8610	1.5919	0.1764	5.3638	61.9676	63.5168

No	Freeboard							Hambatan								
	Freeboard Sebenarnya	Fb1	koreksi CB	L/15	Koreksi Depth	Fb2	Freeboard Acceptance	Rn	C _F	(1+βk)	τ	Cw	Ctot	WSA	Rt (N)	Rt (KN)
1	1.36	0.089	1.067	0.739	0.382	0.471	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	83.713	1577.571	1.578
2	1.27	0.089	1.067	0.739	0.369	0.458	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	83.713	1577.571	1.578
3	1.19	0.089	1.067	0.739	0.357	0.445	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	83.713	1577.571	1.578
4	1.11	0.089	1.067	0.739	0.345	0.434	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	83.713	1577.571	1.578
5	1.31	0.089	1.067	0.739	0.369	0.458	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	82.904	1562.318	1.562
6	1.23	0.089	1.067	0.739	0.356	0.445	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	82.904	1562.318	1.562
7	1.15	0.089	1.067	0.739	0.345	0.433	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	82.904	1562.318	1.562
8	1.07	0.089	1.067	0.739	0.334	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	82.904	1562.318	1.562
9	1.27	0.089	1.067	0.739	0.357	0.445	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	82.147	1548.061	1.548
10	1.19	0.089	1.067	0.739	0.345	0.433	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	82.147	1548.061	1.548
11	1.11	0.089	1.067	0.739	0.333	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	82.147	1548.061	1.548
12	1.04	0.089	1.067	0.739	0.323	0.411	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	82.147	1548.061	1.548
13	1.23	0.089	1.067	0.739	0.345	0.434	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	81.439	1534.714	1.535
14	1.15	0.089	1.067	0.739	0.334	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	81.439	1534.714	1.535
15	1.07	0.089	1.067	0.739	0.323	0.411	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	81.439	1534.714	1.535
16	1.01	0.089	1.067	0.739	0.313	0.401	Accepted	19208358.73	0.00269	1.637	2.502	0.0018	0.008902	81.439	1534.714	1.535
17	1.31	0.089	1.067	0.739	0.369	0.458	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	80.876	1480.641	1.481
18	1.23	0.089	1.067	0.739	0.356	0.445	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	80.876	1480.641	1.481
19	1.15	0.089	1.067	0.739	0.345	0.433	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	80.876	1480.641	1.481
20	1.07	0.089	1.067	0.739	0.334	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	80.876	1480.641	1.481
21	1.27	0.089	1.067	0.739	0.356	0.445	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	80.094	1466.325	1.466
22	1.18	0.089	1.067	0.739	0.344	0.433	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	80.094	1466.325	1.466
23	1.11	0.089	1.067	0.739	0.333	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	80.094	1466.325	1.466
24	1.04	0.089	1.067	0.739	0.322	0.411	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	80.094	1466.325	1.466
25	1.23	0.089	1.067	0.739	0.345	0.433	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	79.363	1452.944	1.453
26	1.15	0.089	1.067	0.739	0.333	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	79.363	1452.944	1.453
27	1.07	0.089	1.067	0.739	0.322	0.411	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	79.363	1452.944	1.453
28	1.00	0.089	1.067	0.739	0.312	0.401	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	79.363	1452.944	1.453
29	1.19	0.089	1.067	0.739	0.334	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	78.679	1440.416	1.440
30	1.11	0.089	1.067	0.739	0.322	0.411	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	78.679	1440.416	1.440
31	1.04	0.089	1.067	0.739	0.312	0.401	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	78.679	1440.416	1.440
32	0.97	0.089	1.067	0.739	0.302	0.391	Accepted	19208358.73	0.00269	1.639	2.358	0.0018	0.008648	78.679	1440.416	1.440
33	1.27	0.089	1.067	0.739	0.357	0.445	Accepted	19208358.73	0.00269	1.64	2.223	0.0017	0.008185	78.223	1355.477	1.355
34	1.19	0.089	1.067	0.739	0.345	0.433	Accepted	19208358.73	0.00269	1.64	2.223	0.0017	0.008185	78.223	1355.477	1.355
35	1.11	0.089	1.067	0.739	0.333	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.64	2.223	0.0017	0.008185	78.223	1355.477	1.355
36	1.04	0.089	1.067	0.739	0.323	0.411	Accepted	19208358.73	0.00269	1.64	2.223	0.0017	0.008185	78.223	1355.477	1.355
37	1.23	0.089	1.067	0.739	0.345	0.433	Accepted	19208358.73	0.00269	1.64	2.223	0.0017	0.008185	77.467	1342.372	1.342
38	1.15	0.089	1.067	0.739	0.333	0.422	Accepted	19208358.73	0.00269	1.64	2.223	0.0017	0.008185	77.467	1342.372	1.342
39	1.07	0.089	1.067	0.739	0.322	0.411	Accepted	19208358.73	0.00269	1.64	2.223	0.0017	0.008185	77.467	1342.372	1.342
40	1.00	0.089	1.067	0.739	0.312	0.401	Accepted	19208358.73	0.00269	1.64	2.223	0.0017	0.008185	77.467	1342.372	1.342

No	Permesinan								KOMPONEN LWT											
	nD	EHP (Kw)	EHP (HP)	Dua paddle wheel		Satu paddle wheel		Daya Mesin Induk (HP)	LCG Ruang	VCG Ruang	Berat	LCG peralatan	VCG Peralatan	Berat peralatan	LCG Storage	VCG Storage	Berat storage	LCG Loading	VCG loading	Berat loading
				EHP (Kw)	EHP (HP)	BHP (Kw)	BHP (HP)		Navigasi	Navigasi	Navigasi	navigasi	navigasi	navigasi (ton)	Conveyor	Conveyor	Conveyor (ton)	Conveyor	Conveyor	Conveyor (ton)
1	0.925	3.250	4.418	3.832	5.214	1.916	2.607	2.7	5.684	4.472	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
2	0.925	3.250	4.418	3.832	5.214	1.916	2.607	2.7	5.684	4.320	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
3	0.925	3.250	4.418	3.832	5.214	1.916	2.607	2.7	5.684	4.178	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
4	0.925	3.250	4.418	3.832	5.214	1.916	2.607	2.7	5.684	4.046	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
5	0.925	3.218	4.376	3.795	5.163	1.898	2.582	2.7	5.684	4.320	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
6	0.925	3.218	4.376	3.795	5.163	1.898	2.582	2.7	5.684	4.174	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
7	0.925	3.218	4.376	3.795	5.163	1.898	2.582	2.7	5.684	4.037	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
8	0.925	3.218	4.376	3.795	5.163	1.898	2.582	2.7	5.684	3.909	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
9	0.925	3.189	4.336	3.760	5.116	1.880	2.558	2.7	5.684	4.178	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
10	0.925	3.189	4.336	3.760	5.116	1.880	2.558	2.7	5.684	4.037	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
11	0.925	3.189	4.336	3.760	5.116	1.880	2.558	2.7	5.684	3.904	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
12	0.925	3.189	4.336	3.760	5.116	1.880	2.558	2.7	5.684	3.780	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
13	0.925	3.162	4.298	3.728	5.072	1.864	2.536	2.7	5.684	4.046	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
14	0.925	3.162	4.298	3.728	5.072	1.864	2.536	2.7	5.684	3.909	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
15	0.925	3.162	4.298	3.728	5.072	1.864	2.536	2.7	5.684	3.780	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
16	0.925	3.162	4.298	3.728	5.072	1.864	2.536	2.7	5.684	3.660	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
17	0.925	3.050	4.147	3.597	4.893	1.798	2.447	2.7	5.684	4.320	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
18	0.925	3.050	4.147	3.597	4.893	1.798	2.447	2.7	5.684	4.174	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
19	0.925	3.050	4.147	3.597	4.893	1.798	2.447	2.7	5.684	4.037	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
20	0.925	3.050	4.147	3.597	4.893	1.798	2.447	2.7	5.684	3.909	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
21	0.925	3.021	4.107	3.562	4.846	1.781	2.423	2.7	5.684	4.174	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
22	0.925	3.021	4.107	3.562	4.846	1.781	2.423	2.7	5.684	4.032	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
23	0.925	3.021	4.107	3.562	4.846	1.781	2.423	2.7	5.684	3.900	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
24	0.925	3.021	4.107	3.562	4.846	1.781	2.423	2.7	5.684	3.776	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
25	0.925	2.993	4.069	3.529	4.802	1.765	2.401	2.7	5.684	4.037	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
26	0.925	2.993	4.069	3.529	4.802	1.765	2.401	2.7	5.684	3.900	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
27	0.925	2.993	4.069	3.529	4.802	1.765	2.401	2.7	5.684	3.772	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
28	0.925	2.993	4.069	3.529	4.802	1.765	2.401	2.7	5.684	3.652	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
29	0.925	2.967	4.034	3.499	4.761	1.749	2.380	2.7	5.684	3.909	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
30	0.925	2.967	4.034	3.499	4.761	1.749	2.380	2.7	5.684	3.776	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
31	0.925	2.967	4.034	3.499	4.761	1.749	2.380	2.7	5.684	3.652	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
32	0.925	2.967	4.034	3.499	4.761	1.749	2.380	2.7	5.684	3.536	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
33	0.925	2.792	3.796	3.293	4.480	1.646	2.240	2.7	5.684	4.178	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
34	0.925	2.792	3.796	3.293	4.480	1.646	2.240	2.7	5.684	4.037	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
35	0.925	2.792	3.796	3.293	4.480	1.646	2.240	2.7	5.684	3.904	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
36	0.925	2.792	3.796	3.293	4.480	1.646	2.240	2.7	5.684	3.780	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
37	0.925	2.765	3.760	3.261	4.436	1.630	2.218	2.7	5.684	4.037	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
38	0.925	2.765	3.760	3.261	4.436	1.630	2.218	2.7	5.684	3.900	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
39	0.925	2.765	3.760	3.261	4.436	1.630	2.218	2.7	5.684	3.772	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750
40	0.925	2.765	3.760	3.261	4.436	1.630	2.218	2.7	5.684	3.652	0.8007	4.598	2.500	0.075	5.407	1.730	1.500	0.554	1.730	0.750

	KOMPONEN LWT																								
No	LCG Loading	VCG loading	Berat loading	LCG offloading	VCG Offloading	Berat offloading	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat Mesin	LCG	VCG	Berat Baterai	LCG	VCG	Berat Genset	VCG	LCG	LCG Hull	Berat	Total LWT		
	Conveyor	Conveyor	Conveyor (ton)	Conveyor	Conveyor	Conveyor (ton)	paddle wheel	paddle wheel	paddle wheel (ton)	Mesin	Mesin	(ton)	Baterai	Baterai	(ton)	Genset	Genset	(ton)	Hull	Hull	dari FP	Hull (ton)	LCG	VCG	Berat
1	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.344	0.540	9.152	0.827	0.168	3.767	1.861	0.200	5.064	0.750	0.200	1.203	0.026	5.47	52.71	5.51	1.28	57.69
2	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.298	0.540	9.152	0.799	0.168	3.767	1.798	0.200	5.064	0.724	0.200	1.162	0.026	5.47	52.71	5.51	1.24	57.69
3	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.256	0.540	9.152	0.773	0.168	3.767	1.739	0.200	5.064	0.700	0.200	1.124	0.026	5.47	52.71	5.51	1.20	57.69
4	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.216	0.540	9.152	0.748	0.168	3.767	1.684	0.200	5.064	0.678	0.200	1.089	0.026	5.47	52.71	5.51	1.17	57.69
5	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.298	0.540	9.152	0.799	0.168	3.767	1.798	0.200	5.064	0.724	0.200	1.162	0.026	5.47	50.92	5.51	1.24	55.90
6	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.254	0.540	9.152	0.772	0.168	3.767	1.737	0.200	5.064	0.700	0.200	1.123	0.026	5.47	50.92	5.51	1.20	55.90
7	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.213	0.540	9.152	0.747	0.168	3.767	1.68	0.200	5.064	0.677	0.200	1.086	0.026	5.47	50.92	5.51	1.17	55.90
8	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.175	0.540	9.152	0.723	0.168	3.767	1.627	0.200	5.064	0.655	0.200	1.052	0.026	5.47	50.92	5.51	1.13	55.90
9	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.256	0.540	9.152	0.773	0.168	3.767	1.739	0.200	5.064	0.700	0.200	1.124	0.026	5.47	49.25	5.51	1.21	54.24
10	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.213	0.540	9.152	0.747	0.168	3.767	1.68	0.200	5.064	0.677	0.200	1.086	0.026	5.47	49.25	5.51	1.17	54.24
11	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.174	0.540	9.152	0.722	0.168	3.767	1.625	0.200	5.064	0.654	0.200	1.051	0.026	5.47	49.25	5.51	1.13	54.24
12	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.136	0.540	9.152	0.699	0.168	3.767	1.573	0.200	5.064	0.634	0.200	1.018	0.026	5.47	49.25	5.51	1.10	54.24
13	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.216	0.540	9.152	0.748	0.168	3.767	1.684	0.200	5.064	0.678	0.200	1.089	0.026	5.47	47.69	5.51	1.17	52.67
14	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.175	0.540	9.152	0.723	0.168	3.767	1.627	0.200	5.064	0.655	0.200	1.052	0.026	5.47	47.69	5.51	1.14	52.67
15	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.136	0.540	9.152	0.699	0.168	3.767	1.573	0.200	5.064	0.634	0.200	1.018	0.026	5.47	47.69	5.51	1.10	52.67
16	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.100	0.540	9.152	0.677	0.168	3.767	1.523	0.200	5.064	0.614	0.200	0.985	0.026	5.47	47.69	5.51	1.07	52.67
17	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.298	0.540	9.152	0.799	0.168	3.767	1.798	0.200	5.064	0.724	0.200	1.162	0.026	5.47	49.20	5.51	1.24	54.18
18	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.254	0.540	9.152	0.772	0.168	3.767	1.737	0.200	5.064	0.700	0.200	1.123	0.026	5.47	49.20	5.51	1.20	54.18
19	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.213	0.540	9.152	0.747	0.168	3.767	1.68	0.200	5.064	0.677	0.200	1.086	0.026	5.47	49.20	5.51	1.17	54.18
20	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.175	0.540	9.152	0.723	0.168	3.767	1.627	0.200	5.064	0.655	0.200	1.052	0.026	5.47	49.20	5.51	1.13	54.18
21	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.254	0.540	9.152	0.772	0.168	3.767	1.737	0.200	5.064	0.700	0.200	1.123	0.026	5.47	47.53	5.52	1.21	52.51
22	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.212	0.540	9.152	0.746	0.168	3.767	1.678	0.200	5.064	0.676	0.200	1.085	0.026	5.47	47.53	5.52	1.17	52.51
23	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.172	0.540	9.152	0.721	0.168	3.767	1.623	0.200	5.064	0.654	0.200	1.050	0.026	5.47	47.53	5.52	1.13	52.51
24	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.135	0.540	9.152	0.698	0.168	3.767	1.572	0.200	5.064	0.633	0.200	1.016	0.026	5.47	47.53	5.52	1.10	52.51
25	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.213	0.540	9.152	0.747	0.168	3.767	1.68	0.200	5.064	0.677	0.200	1.086	0.026	5.47	45.97	5.52	1.17	50.95
26	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.172	0.540	9.152	0.721	0.168	3.767	1.623	0.200	5.064	0.654	0.200	1.050	0.026	5.47	45.97	5.52	1.14	50.95
27	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.134	0.540	9.152	0.698	0.168	3.767	1.57	0.200	5.064	0.632	0.200	1.015	0.026	5.47	45.97	5.52	1.10	50.95
28	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.098	0.540	9.152	0.676	0.168	3.767	1.52	0.200	5.064	0.612	0.200	0.983	0.026	5.47	45.97	5.52	1.07	50.95
29	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.175	0.540	9.152	0.723	0.168	3.767	1.627	0.200	5.064	0.655	0.200	1.052	0.026	5.47	44.51	5.52	1.14	49.49
30	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.135	0.540	9.152	0.698	0.168	3.767	1.572	0.200	5.064	0.633	0.200	1.016	0.026	5.47	44.51	5.52	1.11	49.49
31	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.098	0.540	9.152	0.676	0.168	3.767	1.52	0.200	5.064	0.612	0.200	0.983	0.026	5.47	44.51	5.52	1.07	49.49
32	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.063	0.540	9.152	0.654	0.168	3.767	1.472	0.200	5.064	0.593	0.200	0.952	0.026	5.47	44.51	5.52	1.04	49.49
33	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.256	0.540	9.152	0.773	0.168	3.767	1.739	0.200	5.064	0.700	0.200	1.124	0.026	5.47	46.02	5.52	1.21	51.01
34	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.213	0.540	9.152	0.747	0.168	3.767	1.68	0.200	5.064	0.677	0.200	1.086	0.026	5.47	46.02	5.52	1.17	51.01
35	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.174	0.540	9.152	0.722	0.168	3.767	1.625	0.200	5.064	0.654	0.200	1.051	0.026	5.47	46.02	5.52	1.14	51.01
36	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.136	0.540	9.152	0.699	0.168	3.767	1.573	0.200	5.064	0.634	0.200	1.018	0.026	5.47	46.02	5.52	1.11	51.01
37	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.213	0.540	9.152	0.747	0.168	3.767	1.68	0.200	5.064	0.677	0.200	1.086	0.026	5.47	44.46	5.52	1.18	49.45
38	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.172	0.540	9.152	0.721	0.168	3.767	1.623	0.200	5.064	0.654	0.200	1.050	0.026	5.47	44.46	5.52	1.14	49.45
39	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.134	0.540	9.152	0.698	0.168	3.767	1.57	0.200	5.064	0.632	0.200	1.015	0.026	5.47	44.46	5.52	1.11	49.45
40	0.554	1.730	0.750	10.825	1.730	0.750	9.152	1.098	0.540	9.152	0.676	0.168	3.767	1.52	0.200	5.064	0.612	0.200	0.983	0.026	5.47	44.46	5.52	1.07	49.45

KOMPONEN DWT																KOREKSI					
No	Crew Weight (ton)	LCG Crew	VCG Crew	berat bahan bakar mesin	LCG bahan bakar mesin	VCG bahan bakar mesin	berat bahan bakar genset	LCG bahan bakar genset	VCG bahan bakar genset	Berat Payload	LCG Payload	VCG Payload	Total DWT			Total LWT+DWT	LCG LWT+DWT	VCG LWT+DWT	Selish Displacement & Berat Kapal	Selish %	Kondisi
													Berat	LCG	VCG						
1	0.156	5.407	3.722	0.059	7.457	0.750	0.049	4.765	0.750	4	5.407	2.913	4.264	5.4282	2.8878	61.956	5.505	1.389	13.3414	21.53377808	Rejected
2	0.156	5.407	3.596	0.059	7.457	0.724	0.049	4.765	0.724	4	5.407	2.814	4.264	5.4282	2.7899	61.956	5.505	1.345	13.3414	21.53377808	Rejected
3	0.156	5.407	3.478	0.059	7.457	0.700	0.049	4.765	0.700	4	5.407	2.722	4.264	5.4282	2.6984	61.956	5.505	1.304	13.3414	21.53377808	Rejected
4	0.156	5.407	3.368	0.059	7.457	0.678	0.049	4.765	0.678	4	5.407	2.636	4.264	5.4282	2.6127	61.956	5.505	1.265	13.3414	21.53377808	Rejected
5	0.156	5.407	3.596	0.059	7.457	0.724	0.049	4.765	0.724	4	5.407	2.814	4.264	5.4282	2.7899	60.169	5.506	1.351	12.5757	20.9006463	Rejected
6	0.156	5.407	3.474	0.059	7.457	0.700	0.049	4.765	0.700	4	5.407	2.719	4.264	5.4282	2.6953	60.169	5.506	1.308	12.5757	20.9006463	Rejected
7	0.156	5.407	3.360	0.059	7.457	0.677	0.049	4.765	0.677	4	5.407	2.630	4.264	5.4282	2.6069	60.169	5.506	1.268	12.5757	20.9006463	Rejected
8	0.156	5.407	3.253	0.059	7.457	0.655	0.049	4.765	0.655	4	5.407	2.546	4.264	5.4282	2.5242	60.169	5.506	1.231	12.5757	20.9006463	Rejected
9	0.156	5.407	3.478	0.059	7.457	0.700	0.049	4.765	0.700	4	5.407	2.722	4.264	5.4282	2.6984	58.499	5.507	1.315	11.8600	20.27388995	Rejected
10	0.156	5.407	3.360	0.059	7.457	0.677	0.049	4.765	0.677	4	5.407	2.630	4.264	5.4282	2.6069	58.499	5.507	1.273	11.8600	20.27388995	Rejected
11	0.156	5.407	3.250	0.059	7.457	0.654	0.049	4.765	0.654	4	5.407	2.543	4.264	5.4282	2.5214	58.499	5.507	1.235	11.8600	20.27388995	Rejected
12	0.156	5.407	3.147	0.059	7.457	0.634	0.049	4.765	0.634	4	5.407	2.463	4.264	5.4282	2.4414	58.499	5.507	1.198	11.8600	20.27388995	Rejected
13	0.156	5.407	3.368	0.059	7.457	0.678	0.049	4.765	0.678	4	5.407	2.636	4.264	5.4282	2.6127	56.936	5.508	1.281	11.1900	19.65378345	Rejected
14	0.156	5.407	3.253	0.059	7.457	0.655	0.049	4.765	0.655	4	5.407	2.546	4.264	5.4282	2.5242	56.936	5.508	1.241	11.1900	19.65378345	Rejected
15	0.156	5.407	3.147	0.059	7.457	0.634	0.049	4.765	0.634	4	5.407	2.463	4.264	5.4282	2.4414	56.936	5.508	1.203	11.1900	19.65378345	Rejected
16	0.156	5.407	3.047	0.059	7.457	0.614	0.049	4.765	0.614	4	5.407	2.385	4.264	5.4282	2.3639	56.936	5.508	1.168	11.1900	19.65378345	Rejected
17	0.156	5.407	3.596	0.059	7.457	0.724	0.049	4.765	0.724	4	5.407	2.814	4.264	5.4282	2.7899	58.443	5.507	1.356	11.8360	20.25221217	Rejected
18	0.156	5.407	3.474	0.059	7.457	0.700	0.049	4.765	0.700	4	5.407	2.719	4.264	5.4282	2.6953	58.443	5.507	1.313	11.8360	20.25221217	Rejected
19	0.156	5.407	3.360	0.059	7.457	0.677	0.049	4.765	0.677	4	5.407	2.630	4.264	5.4282	2.6069	58.443	5.507	1.273	11.8360	20.25221217	Rejected
20	0.156	5.407	3.253	0.059	7.457	0.655	0.049	4.765	0.655	4	5.407	2.546	4.264	5.4282	2.5242	58.443	5.507	1.236	11.8360	20.25221217	Rejected
21	0.156	5.407	3.474	0.059	7.457	0.700	0.049	4.765	0.700	4	5.407	2.719	4.264	5.4282	2.6953	56.776	5.508	1.319	11.1214	19.5883137	Rejected
22	0.156	5.407	3.356	0.059	7.457	0.676	0.049	4.765	0.676	4	5.407	2.627	4.264	5.4282	2.6040	56.776	5.508	1.278	11.1214	19.5883137	Rejected
23	0.156	5.407	3.246	0.059	7.457	0.654	0.049	4.765	0.654	4	5.407	2.541	4.264	5.4282	2.5186	56.776	5.508	1.239	11.1214	19.5883137	Rejected
24	0.156	5.407	3.143	0.059	7.457	0.633	0.049	4.765	0.633	4	5.407	2.460	4.264	5.4282	2.4386	56.776	5.508	1.203	11.1214	19.5883137	Rejected
25	0.156	5.407	3.360	0.059	7.457	0.677	0.049	4.765	0.677	4	5.407	2.630	4.264	5.4282	2.6069	55.217	5.510	1.284	10.4534	18.93150967	Rejected
26	0.156	5.407	3.246	0.059	7.457	0.654	0.049	4.765	0.654	4	5.407	2.541	4.264	5.4282	2.5186	55.217	5.510	1.244	10.4534	18.93150967	Rejected
27	0.156	5.407	3.140	0.059	7.457	0.632	0.049	4.765	0.632	4	5.407	2.457	4.264	5.4282	2.4360	55.217	5.510	1.207	10.4534	18.93150967	Rejected
28	0.156	5.407	3.040	0.059	7.457	0.612	0.049	4.765	0.612	4	5.407	2.379	4.264	5.4282	2.3587	55.217	5.510	1.172	10.4534	18.93150967	Rejected
29	0.156	5.407	3.253	0.059	7.457	0.655	0.049	4.765	0.655	4	5.407	2.546	4.264	5.4282	2.5242	53.758	5.511	1.252	9.8280	18.28207463	Rejected
30	0.156	5.407	3.143	0.059	7.457	0.633	0.049	4.765	0.633	4	5.407	2.460	4.264	5.4282	2.4386	53.758	5.511	1.213	9.8280	18.28207463	Rejected
31	0.156	5.407	3.040	0.059	7.457	0.612	0.049	4.765	0.612	4	5.407	2.379	4.264	5.4282	2.3587	53.758	5.511	1.177	9.8280	18.28207463	Rejected
32	0.156	5.407	2.944	0.059	7.457	0.593	0.049	4.765	0.593	4	5.407	2.304	4.264	5.4282	2.2838	53.758	5.511	1.143	9.8280	18.28207463	Rejected
33	0.156	5.407	3.478	0.059	7.457	0.700	0.049	4.765	0.700	4	5.407	2.722	4.264	5.4282	2.6984	55.269	5.510	1.326	10.4759	18.95420222	Rejected
34	0.156	5.407	3.360	0.059	7.457	0.677	0.049	4.765	0.677	4	5.407	2.630	4.264	5.4282	2.6069	55.269	5.510	1.284	10.4759	18.95420222	Rejected
35	0.156	5.407	3.250	0.059	7.457	0.654	0.049	4.765	0.654	4	5.407	2.543	4.264	5.4282	2.5214	55.269	5.510	1.245	10.4759	18.95420222	Rejected
36	0.156	5.407	3.147	0.059	7.457	0.634	0.049	4.765	0.634	4	5.407	2.463	4.264	5.4282	2.4414	55.269	5.510	1.209	10.4759	18.95420222	Rejected
37	0.156	5.407	3.360	0.059	7.457	0.677	0.049	4.765	0.677	4	5.407	2.630	4.264	5.4282	2.6069	53.709	5.511	1.290	9.8073	18.25997941	Rejected
38	0.156	5.407	3.246	0.059	7.457	0.654	0.049	4.765	0.654	4	5.407	2.541	4.264	5.4282	2.5186	53.709	5.511	1.250	9.8073	18.25997941	Rejected
39	0.156	5.407	3.140	0.059	7.457	0.632	0.049	4.765	0.632	4	5.407	2.457	4.264	5.4282	2.4360	53.709	5.511	1.212	9.8073	18.25997941	Rejected
40	0.156	5.407	3.040	0.059	7.457	0.612	0.049	4.765	0.612	4	5.407	2.379	4.264	5.4282	2.3587	53.709	5.511	1.177	9.8073	18.25997941	Rejected

No	KB/T	KB	CI	IT	BM _T	GM _T	C _{IL}	I _L	BM _L	GM _L	KONDISI TRIM	T _A - T _F	0.5%LWL	ACCEPTANCE	ULTIMATE ACCEPTANCE
1	0.543	0.667	0.064	241.907	3.293	2.570	0.0568	540.4	7.356	6.634	Trim Buritan	0.2359	0.055401662	Fail	-
2	0.543	0.645	0.064	241.907	3.293	2.593	0.0568	540.4	7.356	6.656	Trim Buritan	0.2351	0.055401662	Fail	-
3	0.543	0.645	0.064	241.907	3.293	2.634	0.0568	540.4	7.356	6.697	Trim Buritan	0.2336	0.055401662	Fail	-
4	0.543	0.645	0.064	241.907	3.293	2.673	0.0568	540.4	7.356	6.736	Trim Buritan	0.2323	0.055401662	Fail	-
5	0.543	0.623	0.064	241.907	3.409	2.681	0.0568	540.4	7.614	6.887	Trim Buritan	0.2290	0.055401662	Fail	-
6	0.543	0.623	0.064	241.907	3.409	2.724	0.0568	540.4	7.614	6.930	Trim Buritan	0.2276	0.055401662	Fail	-
7	0.543	0.623	0.064	241.907	3.409	2.764	0.0568	540.4	7.614	6.969	Trim Buritan	0.2263	0.055401662	Fail	-
8	0.543	0.623	0.064	241.907	3.409	2.801	0.0568	540.4	7.614	7.007	Trim Buritan	0.2251	0.055401662	Fail	-
9	0.543	0.603	0.064	241.907	3.524	2.812	0.0568	540.4	7.873	7.161	Trim Buritan	0.2220	0.055401662	Fail	-
10	0.543	0.603	0.064	241.907	3.524	2.854	0.0568	540.4	7.873	7.202	Trim Buritan	0.2207	0.055401662	Fail	-
11	0.543	0.603	0.064	241.907	3.524	2.892	0.0568	540.4	7.873	7.241	Trim Buritan	0.2196	0.055401662	Fail	-
12	0.543	0.603	0.064	241.907	3.524	2.928	0.0568	540.4	7.873	7.277	Trim Buritan	0.2185	0.055401662	Fail	-
13	0.543	0.583	0.064	241.907	3.640	2.942	0.0568	540.4	8.131	7.433	Trim Buritan	0.2155	0.055401662	Fail	-
14	0.543	0.583	0.064	241.907	3.640	2.982	0.0568	540.4	8.131	7.473	Trim Buritan	0.2144	0.055401662	Fail	-
15	0.543	0.583	0.064	241.907	3.640	3.020	0.0568	540.4	8.131	7.511	Trim Buritan	0.2133	0.055401662	Fail	-
16	0.543	0.583	0.064	241.907	3.640	3.055	0.0568	540.4	8.131	7.546	Trim Buritan	0.2123	0.055401662	Fail	-
17	0.543	0.623	0.064	218.133	3.181	2.448	0.0568	522.09	7.614	6.881	Trim Buritan	0.2311	0.055401662	Fail	-
18	0.543	0.623	0.064	218.133	3.181	2.491	0.0568	522.09	7.614	6.924	Trim Buritan	0.2297	0.055401662	Fail	-
19	0.543	0.623	0.064	218.133	3.181	2.531	0.0568	522.09	7.614	6.964	Trim Buritan	0.2283	0.055401662	Fail	-
20	0.543	0.623	0.064	218.133	3.181	2.568	0.0568	522.09	7.614	7.002	Trim Buritan	0.2271	0.055401662	Fail	-
21	0.543	0.602	0.064	218.133	3.293	2.576	0.0568	522.09	7.882	7.165	Trim Buritan	0.2238	0.055401662	Fail	-
22	0.543	0.602	0.064	218.133	3.293	2.617	0.0568	522.09	7.882	7.206	Trim Buritan	0.2225	0.055401662	Fail	-
23	0.543	0.602	0.064	218.133	3.293	2.656	0.0568	522.09	7.882	7.245	Trim Buritan	0.2213	0.055401662	Fail	-
24	0.543	0.602	0.064	218.133	3.293	2.692	0.0568	522.09	7.882	7.281	Trim Buritan	0.2202	0.055401662	Fail	-
25	0.543	0.582	0.064	218.133	3.405	2.703	0.0568	522.09	8.149	7.447	Trim Buritan	0.2171	0.055401662	Fail	-
26	0.543	0.582	0.064	218.133	3.405	2.743	0.0568	522.09	8.149	7.487	Trim Buritan	0.2159	0.055401662	Fail	-
27	0.543	0.582	0.064	218.133	3.405	2.780	0.0568	522.09	8.149	7.524	Trim Buritan	0.2148	0.055401662	Fail	-
28	0.543	0.582	0.064	218.133	3.405	2.815	0.0568	522.09	8.149	7.560	Trim Buritan	0.2138	0.055401662	Fail	-
29	0.543	0.564	0.064	218.133	3.516	2.828	0.0568	522.09	8.416	7.728	Trim Buritan	0.2109	0.055401662	Fail	-
30	0.543	0.564	0.064	218.133	3.516	2.867	0.0568	522.09	8.416	7.767	Trim Buritan	0.2098	0.055401662	Fail	-
31	0.543	0.564	0.064	218.133	3.516	2.903	0.0568	522.09	8.416	7.803	Trim Buritan	0.2088	0.055401662	Fail	-
32	0.543	0.564	0.064	218.133	3.516	2.937	0.0568	522.09	8.416	7.837	Trim Buritan	0.2079	0.055401662	Fail	-
33	0.543	0.603	0.064	197.369	3.077	2.354	0.0568	504.97	7.873	7.150	Trim Buritan	0.2260	0.055401662	Fail	-
34	0.543	0.603	0.064	197.369	3.077	2.396	0.0568	504.97	7.873	7.191	Trim Buritan	0.2247	0.055401662	Fail	-
35	0.543	0.603	0.064	197.369	3.077	2.434	0.0568	504.97	7.873	7.230	Trim Buritan	0.2235	0.055401662	Fail	-
36	0.543	0.603	0.064	197.369	3.077	2.471	0.0568	504.97	7.873	7.266	Trim Buritan	0.2224	0.055401662	Fail	-
37	0.543	0.582	0.064	197.369	3.185	2.477	0.0568	504.97	8.149	7.441	Trim Buritan	0.2190	0.055401662	Fail	-
38	0.543	0.582	0.064	197.369	3.185	2.518	0.0568	504.97	8.149	7.481	Trim Buritan	0.2179	0.055401662	Fail	-
39	0.543	0.582	0.064	197.369	3.185	2.555	0.0568	504.97	8.149	7.519	Trim Buritan	0.2168	0.055401662	Fail	-
40	0.543	0.582	0.064	197.369	3.185	2.590	0.0568	504.97	8.149	7.554	Trim Buritan	0.2158	0.055401662	Fail	-

Biaya Pembangunan Awal													
No	berat Lambung (ton)	harga lambung	total	berat konstruksi (ton)	harga konstruksi	total	berat ruang navigasi (ton)	harga ruang navigasi	total harga	elektroda	harga elektroda	total	total harga baja kapal
		USD/(ton)	harga lambung (USD)		USD/(ton)	harga konstruksi (USD)		USD/(ton)	ruang navigasi (USD)	(ton)	USD/(ton)	harga elektroda (USD)	(USD)
1	52.71	600	31624.69	10.542	600	6324.94	0.8007	600	480	3.843	500	1921.502	40351.547
2	52.71	600	31624.69	10.542	600	6324.94	0.8007	600	480	3.843	500	1921.502	40351.547
3	52.71	600	31624.69	10.542	600	6324.94	0.8007	600	480	3.843	500	1921.502	40351.547
4	52.71	600	31624.69	10.542	600	6324.94	0.8007	600	480	3.843	500	1921.502	40351.547
5	50.92	600	30552.77	10.184	600	6110.55	0.8007	600	480	3.714	500	1857.187	39000.929
6	50.92	600	30552.77	10.184	600	6110.55	0.8007	600	480	3.714	500	1857.187	39000.929
7	50.92	600	30552.77	10.184	600	6110.55	0.8007	600	480	3.714	500	1857.187	39000.929
8	50.92	600	30552.77	10.184	600	6110.55	0.8007	600	480	3.714	500	1857.187	39000.929
9	49.25	600	29550.84	9.850	600	5910.17	0.8007	600	480	3.594	500	1797.071	37738.500
10	49.25	600	29550.84	9.850	600	5910.17	0.8007	600	480	3.594	500	1797.071	37738.500
11	49.25	600	29550.84	9.850	600	5910.17	0.8007	600	480	3.594	500	1797.071	37738.500
12	49.25	600	29550.84	9.850	600	5910.17	0.8007	600	480	3.594	500	1797.071	37738.500
13	47.69	600	28612.81	9.538	600	5722.56	0.8007	600	480	3.482	500	1740.790	36556.585
14	47.69	600	28612.81	9.538	600	5722.56	0.8007	600	480	3.482	500	1740.790	36556.585
15	47.69	600	28612.81	9.538	600	5722.56	0.8007	600	480	3.482	500	1740.790	36556.585
16	47.69	600	28612.81	9.538	600	5722.56	0.8007	600	480	3.482	500	1740.790	36556.585
17	49.20	600	29517.18	9.839	600	5903.44	0.8007	600	480	3.590	500	1795.052	37696.089
18	49.20	600	29517.18	9.839	600	5903.44	0.8007	600	480	3.590	500	1795.052	37696.089
19	49.20	600	29517.18	9.839	600	5903.44	0.8007	600	480	3.590	500	1795.052	37696.089
20	49.20	600	29517.18	9.839	600	5903.44	0.8007	600	480	3.590	500	1795.052	37696.089
21	47.53	600	28516.70	9.506	600	5703.34	0.8007	600	480	3.470	500	1735.023	36435.477
22	47.53	600	28516.70	9.506	600	5703.34	0.8007	600	480	3.470	500	1735.023	36435.477
23	47.53	600	28516.70	9.506	600	5703.34	0.8007	600	480	3.470	500	1735.023	36435.477
24	47.53	600	28516.70	9.506	600	5703.34	0.8007	600	480	3.470	500	1735.023	36435.477
25	45.97	600	27581.54	9.194	600	5516.31	0.8007	600	480	3.358	500	1678.913	35257.178
26	45.97	600	27581.54	9.194	600	5516.31	0.8007	600	480	3.358	500	1678.913	35257.178
27	45.97	600	27581.54	9.194	600	5516.31	0.8007	600	480	3.358	500	1678.913	35257.178
28	45.97	600	27581.54	9.194	600	5516.31	0.8007	600	480	3.358	500	1678.913	35257.178
29	44.51	600	26706.02	8.902	600	5341.20	0.8007	600	480	3.253	500	1626.382	34154.027
30	44.51	600	26706.02	8.902	600	5341.20	0.8007	600	480	3.253	500	1626.382	34154.027
31	44.51	600	26706.02	8.902	600	5341.20	0.8007	600	480	3.253	500	1626.382	34154.027
32	44.51	600	26706.02	8.902	600	5341.20	0.8007	600	480	3.253	500	1626.382	34154.027
33	46.02	600	27612.99	9.204	600	5522.60	0.8007	600	480	3.362	500	1680.800	35296.809
34	46.02	600	27612.99	9.204	600	5522.60	0.8007	600	480	3.362	500	1680.800	35296.809
35	46.02	600	27612.99	9.204	600	5522.60	0.8007	600	480	3.362	500	1680.800	35296.809
36	46.02	600	27612.99	9.204	600	5522.60	0.8007	600	480	3.362	500	1680.800	35296.809
37	44.46	600	26677.05	8.892	600	5335.41	0.8007	600	480	3.249	500	1624.644	34117.520
38	44.46	600	26677.05	8.892	600	5335.41	0.8007	600	480	3.249	500	1624.644	34117.520
39	44.46	600	26677.05	8.892	600	5335.41	0.8007	600	480	3.249	500	1624.644	34117.520
40	44.46	600	26677.05	8.892	600	5335.41	0.8007	600	480	3.249	500	1624.644	34117.520

	Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal						Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah				
No	Baja Kapal	Equipmen&Outfitting	permesinan	Total Harga	Kurs Rp - USD (per 1 Mei 2018, B)	Total Biaya Pembangunan	Jasa Pembangunan Kapal (Rupiah)	Biaya Inflasi (Rupiah)	Biaya Pajak Pemerintah (Rupiah)	Total Biaya Koreksi	
	(USD)	(USD)	(USD)	(USD)	Rp/(USD)	Awal (Rupiah)	10% dari biaya pembangunan awal	5% dari biaya pembangunan awal	15% PPH	10% PPN	Kadaan Ekonomi Rupiah)
1	40351.547	5761.012	39626	85738.559	14100	1208913684	120891368.4	60445684.18	181337052.5	120891368.4	483565473.5
2	40351.547	5761.012	39626	85738.559	14100	1208913684	120891368.4	60445684.18	181337052.5	120891368.4	483565473.5
3	40351.547	5761.012	39626	85738.559	14100	1208913684	120891368.4	60445684.18	181337052.5	120891368.4	483565473.5
4	40351.547	5761.012	39626	85738.559	14100	1208913684	120891368.4	60445684.18	181337052.5	120891368.4	483565473.5
5	39000.929	5761.012	39626	84387.940	14100	1189869957	118986995.7	59493497.87	178480493.6	118986995.7	475947983
6	39000.929	5761.012	39626	84387.940	14100	1189869957	118986995.7	59493497.87	178480493.6	118986995.7	475947983
7	39000.929	5761.012	39626	84387.940	14100	1189869957	118986995.7	59493497.87	178480493.6	118986995.7	475947983
8	39000.929	5761.012	39626	84387.940	14100	1189869957	118986995.7	59493497.87	178480493.6	118986995.7	475947983
9	37738.500	5761.012	39626	83125.512	14100	1172069720	117206972.0	58603485.98	175810457.9	117206972.0	468827887.8
10	37738.500	5761.012	39626	83125.512	14100	1172069720	117206972.0	58603485.98	175810457.9	117206972.0	468827887.8
11	37738.500	5761.012	39626	83125.512	14100	1172069720	117206972.0	58603485.98	175810457.9	117206972.0	468827887.8
12	37738.500	5761.012	39626	83125.512	14100	1172069720	117206972.0	58603485.98	175810457.9	117206972.0	468827887.8
13	36556.585	5761.012	39626	81943.597	14100	1155404712	115540471.2	57770235.6	173310706.8	115540471.2	462161884.8
14	36556.585	5761.012	39626	81943.597	14100	1155404712	115540471.2	57770235.6	173310706.8	115540471.2	462161884.8
15	36556.585	5761.012	39626	81943.597	14100	1155404712	115540471.2	57770235.6	173310706.8	115540471.2	462161884.8
16	36556.585	5761.012	39626	81943.597	14100	1155404712	115540471.2	57770235.6	173310706.8	115540471.2	462161884.8
17	37696.089	5761.012	39626	83083.101	14100	1171471719	117147171.9	58573585.95	175720757.9	117147171.9	468588687.6
18	37696.089	5761.012	39626	83083.101	14100	1171471719	117147171.9	58573585.95	175720757.9	117147171.9	468588687.6
19	37696.089	5761.012	39626	83083.101	14100	1171471719	117147171.9	58573585.95	175720757.9	117147171.9	468588687.6
20	37696.089	5761.012	39626	83083.101	14100	1171471719	117147171.9	58573585.95	175720757.9	117147171.9	468588687.6
21	36435.477	5761.012	39626	81822.489	14100	1153697089	115369708.9	57684854.47	173054563.4	115369708.9	461478835.8
22	36435.477	5761.012	39626	81822.489	14100	1153697089	115369708.9	57684854.47	173054563.4	115369708.9	461478835.8
23	36435.477	5761.012	39626	81822.489	14100	1153697089	115369708.9	57684854.47	173054563.4	115369708.9	461478835.8
24	36435.477	5761.012	39626	81822.489	14100	1153697089	115369708.9	57684854.47	173054563.4	115369708.9	461478835.8
25	35257.178	5761.012	39626	80644.190	14100	1137083080	113708308.0	56854154.02	170562462.1	113708308.0	454833232.2
26	35257.178	5761.012	39626	80644.190	14100	1137083080	113708308.0	56854154.02	170562462.1	113708308.0	454833232.2
27	35257.178	5761.012	39626	80644.190	14100	1137083080	113708308.0	56854154.02	170562462.1	113708308.0	454833232.2
28	35257.178	5761.012	39626	80644.190	14100	1137083080	113708308.0	56854154.02	170562462.1	113708308.0	454833232.2
29	34154.027	5761.012	39626	79541.039	14100	1121528649	112152864.9	56076432.44	168229297.3	112152864.9	448611459.5
30	34154.027	5761.012	39626	79541.039	14100	1121528649	112152864.9	56076432.44	168229297.3	112152864.9	448611459.5
31	34154.027	5761.012	39626	79541.039	14100	1121528649	112152864.9	56076432.44	168229297.3	112152864.9	448611459.5
32	34154.027	5761.012	39626	79541.039	14100	1121528649	112152864.9	56076432.44	168229297.3	112152864.9	448611459.5
33	35296.809	5761.012	39626	80683.820	14100	1137641866	113764186.6	56882093.3	170646279.9	113764186.6	455056746.4
34	35296.809	5761.012	39626	80683.820	14100	1137641866	113764186.6	56882093.3	170646279.9	113764186.6	455056746.4
35	35296.809	5761.012	39626	80683.820	14100	1137641866	113764186.6	56882093.3	170646279.9	113764186.6	455056746.4
36	35296.809	5761.012	39626	80683.820	14100	1137641866	113764186.6	56882093.3	170646279.9	113764186.6	455056746.4
37	34117.520	5761.012	39626	79504.532	14100	1121013900	112101390.0	56050695.02	168152085.1	112101390.0	448405560.1
38	34117.520	5761.012	39626	79504.532	14100	1121013900	112101390.0	56050695.02	168152085.1	112101390.0	448405560.1
39	34117.520	5761.012	39626	79504.532	14100	1121013900	112101390.0	56050695.02	168152085.1	112101390.0	448405560.1
40	34117.520	5761.012	39626	79504.532	14100	1121013900	112101390.0	56050695.02	168152085.1	112101390.0	448405560.1

No	Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah					Total Harga Kapal Akhir		
	Jasa Pembangunan Kapal (Rupiah)	Biaya Inflasi (Rupiah)	Biaya Pajak Pemerintah (Rupiah)		Total Biaya Koreksi	Total Biaya Pembangunan	Total Biaya Koreksi	Total Harga Kapal
	10% dari biaya pembangunan awal	5% dari biaya pembangunan awal	15% PPH	10% PPN	Keadaan Ekonomi Rupiah)	Awal (Rupiah)	Keadaan Ekonomi Rupiah)	
1	120891368.4	60445684.18	181337052.5	120891368.4	483565473.5	1208913684	483565473.5	1692479157
2	120891368.4	60445684.18	181337052.5	120891368.4	483565473.5	1208913684	483565473.5	1692479157
3	120891368.4	60445684.18	181337052.5	120891368.4	483565473.5	1208913684	483565473.5	1692479157
4	120891368.4	60445684.18	181337052.5	120891368.4	483565473.5	1208913684	483565473.5	1692479157
5	118986995.7	59493497.87	178480493.6	118986995.7	475947983	1189869957	475947983	1665817940
6	118986995.7	59493497.87	178480493.6	118986995.7	475947983	1189869957	475947983	1665817940
7	118986995.7	59493497.87	178480493.6	118986995.7	475947983	1189869957	475947983	1665817940
8	118986995.7	59493497.87	178480493.6	118986995.7	475947983	1189869957	475947983	1665817940
9	117206972	58603485.98	175810457.9	117206972	468827887.8	1172069720	468827887.8	1640897607
10	117206972	58603485.98	175810457.9	117206972	468827887.8	1172069720	468827887.8	1640897607
11	117206972	58603485.98	175810457.9	117206972	468827887.8	1172069720	468827887.8	1640897607
12	117206972	58603485.98	175810457.9	117206972	468827887.8	1172069720	468827887.8	1640897607
13	115540471.2	57770235.6	173310706.8	115540471.2	462161884.8	1155404712	462161884.8	1617566597
14	115540471.2	57770235.6	173310706.8	115540471.2	462161884.8	1155404712	462161884.8	1617566597
15	115540471.2	57770235.6	173310706.8	115540471.2	462161884.8	1155404712	462161884.8	1617566597
16	115540471.2	57770235.6	173310706.8	115540471.2	462161884.8	1155404712	462161884.8	1617566597
17	117147171.9	58573585.95	175720757.9	117147171.9	468588687.6	1171471719	468588687.6	1640060407
18	117147171.9	58573585.95	175720757.9	117147171.9	468588687.6	1171471719	468588687.6	1640060407
19	117147171.9	58573585.95	175720757.9	117147171.9	468588687.6	1171471719	468588687.6	1640060407
20	117147171.9	58573585.95	175720757.9	117147171.9	468588687.6	1171471719	468588687.6	1640060407
21	115369708.9	57684854.47	173054563.4	115369708.9	461478835.8	1153697089	461478835.8	1615175925
22	115369708.9	57684854.47	173054563.4	115369708.9	461478835.8	1153697089	461478835.8	1615175925
23	115369708.9	57684854.47	173054563.4	115369708.9	461478835.8	1153697089	461478835.8	1615175925
24	115369708.9	57684854.47	173054563.4	115369708.9	461478835.8	1153697089	461478835.8	1615175925
25	113708308	56854154.02	170562462.1	113708308	454833232.2	1137083080	454833232.2	1591916313
26	113708308	56854154.02	170562462.1	113708308	454833232.2	1137083080	454833232.2	1591916313
27	113708308	56854154.02	170562462.1	113708308	454833232.2	1137083080	454833232.2	1591916313
28	113708308	56854154.02	170562462.1	113708308	454833232.2	1137083080	454833232.2	1591916313
29	112152864.9	56076432.44	168229297.3	112152864.9	448611459.5	1121528649	448611459.5	1570140108
30	112152864.9	56076432.44	168229297.3	112152864.9	448611459.5	1121528649	448611459.5	1570140108
31	112152864.9	56076432.44	168229297.3	112152864.9	448611459.5	1121528649	448611459.5	1570140108
32	112152864.9	56076432.44	168229297.3	112152864.9	448611459.5	1121528649	448611459.5	1570140108
33	113764186.6	56882093.3	170646279.9	113764186.6	455056746.4	1137641866	455056746.4	1592698613
34	113764186.6	56882093.3	170646279.9	113764186.6	455056746.4	1137641866	455056746.4	1592698613
35	113764186.6	56882093.3	170646279.9	113764186.6	455056746.4	1137641866	455056746.4	1592698613
36	113764186.6	56882093.3	170646279.9	113764186.6	455056746.4	1137641866	455056746.4	1592698613
37	112101390	56050695.02	168152085.1	112101390	448405560.1	1121013900	448405560.1	1569419460
38	112101390	56050695.02	168152085.1	112101390	448405560.1	1121013900	448405560.1	1569419460
39	112101390	56050695.02	168152085.1	112101390	448405560.1	1121013900	448405560.1	1569419460
40	112101390	56050695.02	168152085.1	112101390	448405560.1	1121013900	448405560.1	1569419460

Optimasi 256 :

No	F _n	L	B	B1	S	T	H	Cb	Cm	Cp	Cwp	LCB (%)	LCB (m)	LCB (m)	N̄ (m³)	D (ton)
151	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	1.0006	1.9683	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	42.1115	43.1643
152	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	1.0006	1.9058	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	42.1115	43.1643
153	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	0.9677	2.0374	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	40.7305	41.7488
154	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	0.9677	1.9683	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	40.7305	41.7488
155	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	0.9677	1.9038	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	40.7305	41.7488
156	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	0.9677	1.8433	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	40.7305	41.7488
157	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	0.9370	1.9727	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	39.4376	40.4235
158	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	0.9370	1.9058	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	39.4376	40.4235
159	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	0.9370	1.8433	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	39.4376	40.4235
160	0.2112	9.6748	5.9033	1.9516	3.9516	0.9370	1.7848	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	39.4376	40.4235
161	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	1.0017	2.1088	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	40.7769	41.7964
162	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	1.0017	2.0374	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	40.7769	41.7964
163	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	1.0017	1.9705	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	40.7769	41.7964
164	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	1.0017	1.9080	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	40.7769	41.7964
165	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9677	2.0374	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	39.3948	40.3797
166	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9677	1.9683	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	39.3948	40.3797
167	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9677	1.9038	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	39.3948	40.3797
168	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9677	1.8433	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	39.3948	40.3797
169	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9360	1.9705	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	38.1029	39.0555
170	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9360	1.9038	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	38.1029	39.0555
171	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9360	1.8413	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	38.1029	39.0555
172	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9360	1.7829	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	38.1029	39.0555
173	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9063	1.9080	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	36.8934	37.8158
174	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9063	1.8433	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	36.8934	37.8158
175	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9063	1.7829	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	36.8934	37.8158
176	0.2112	9.6748	5.7097	1.8548	3.8548	0.9063	1.7263	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	36.8934	37.8158
177	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9699	2.0419	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	38.2293	39.1850
178	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9699	1.9727	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	38.2293	39.1850
179	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9699	1.9080	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	38.2293	39.1850
180	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9699	1.8474	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	38.2293	39.1850
181	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9370	1.9727	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	36.9335	37.8568
182	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9370	1.9058	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	36.9335	37.8568
183	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9370	1.8433	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	36.9335	37.8568
184	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9370	1.7848	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	36.9335	37.8568
185	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9063	1.9080	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	35.7223	36.6154
186	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9063	1.8433	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	35.7223	36.6154
187	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9063	1.7829	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	35.7223	36.6154
188	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.9063	1.7263	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	35.7223	36.6154
189	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.8775	1.8474	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	34.5884	35.4531
190	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.8775	1.7848	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	34.5884	35.4531
191	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.8775	1.7263	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	34.5884	35.4531
192	0.2112	9.6748	5.5284	1.7642	3.7642	0.8775	1.6715	0.7369	0.9894	0.7448	0.8402	0.9497	0.0919	4.7455	34.5884	35.4531
253	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8227	1.7320	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	27.7907	28.4855
254	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8227	1.6733	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	27.7907	28.4855
255	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8227	1.6184	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	27.7907	28.4855
256	0.2181	9.0703	5.1830	1.3000	3.8830	0.8227	1.5671	0.7185	0.9878	0.7274	0.8288	0.6114	0.0555	4.4797	27.7907	28.4855

	Freeboard							Hambatan								
No	Freeboard Sebenarnya	Fb1	koreksi CB	L/15	Koreksi Depth	Fb2	Freeboard Acceptance	Rn	C _F	(1+βk)	τ	Cw	Ctot	WSA	Rt (N)	Rt (KN)
151	0.97	0.077	1.042	0.645	0.254	0.331	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	58.942	1089.101	1.089
152	0.91	0.077	1.042	0.645	0.246	0.323	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	58.942	1089.101	1.089
153	1.07	0.077	1.042	0.645	0.263	0.340	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	58.389	1078.888	1.079
154	1.00	0.077	1.042	0.645	0.254	0.331	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	58.389	1078.888	1.079
155	0.94	0.077	1.042	0.645	0.246	0.323	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	58.389	1078.888	1.079
156	0.88	0.077	1.042	0.645	0.238	0.315	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	58.389	1078.888	1.079
157	1.04	0.077	1.042	0.645	0.254	0.332	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	57.872	1069.327	1.069
158	0.97	0.077	1.042	0.645	0.246	0.323	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	57.872	1069.327	1.069
159	0.91	0.077	1.042	0.645	0.238	0.315	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	57.872	1069.327	1.069
160	0.85	0.077	1.042	0.645	0.230	0.308	Accepted	16771714.13	0.00275	1.643	2.341	0.0018	0.008728	57.872	1069.327	1.069
161	1.11	0.077	1.042	0.645	0.272	0.349	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	57.581	1005.448	1.005
162	1.04	0.077	1.042	0.645	0.263	0.340	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	57.581	1005.448	1.005
163	0.97	0.077	1.042	0.645	0.254	0.332	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	57.581	1005.448	1.005
164	0.91	0.077	1.042	0.645	0.246	0.324	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	57.581	1005.448	1.005
165	1.07	0.077	1.042	0.645	0.263	0.340	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	57.009	995.462	0.995
166	1.00	0.077	1.042	0.645	0.254	0.331	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	57.009	995.462	0.995
167	0.94	0.077	1.042	0.645	0.246	0.323	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	57.009	995.462	0.995
168	0.88	0.077	1.042	0.645	0.238	0.315	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	57.009	995.462	0.995
169	1.03	0.077	1.042	0.645	0.254	0.332	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	56.474	986.127	0.986
170	0.97	0.077	1.042	0.645	0.246	0.323	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	56.474	986.127	0.986
171	0.91	0.077	1.042	0.645	0.238	0.315	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	56.474	986.127	0.986
172	0.85	0.077	1.042	0.645	0.230	0.307	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	56.474	986.127	0.986
173	1.00	0.077	1.042	0.645	0.246	0.324	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	55.974	977.388	0.977
174	0.94	0.077	1.042	0.645	0.238	0.315	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	55.974	977.388	0.977
175	0.88	0.077	1.042	0.645	0.230	0.307	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	55.974	977.388	0.977
176	0.82	0.077	1.042	0.645	0.223	0.300	Accepted	16771714.13	0.00275	1.642	2.198	0.0017	0.008248	55.974	977.388	0.977
177	1.07	0.077	1.042	0.645	0.263	0.341	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	55.753	945.472	0.945
178	1.00	0.077	1.042	0.645	0.254	0.332	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	55.753	945.472	0.945
179	0.94	0.077	1.042	0.645	0.246	0.324	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	55.753	945.472	0.945
180	0.88	0.077	1.042	0.645	0.238	0.316	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	55.753	945.472	0.945
181	1.04	0.077	1.042	0.645	0.254	0.332	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	55.199	936.081	0.936
182	0.97	0.077	1.042	0.645	0.246	0.323	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	55.199	936.081	0.936
183	0.91	0.077	1.042	0.645	0.238	0.315	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	55.199	936.081	0.936
184	0.85	0.077	1.042	0.645	0.230	0.308	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	55.199	936.081	0.936
185	1.00	0.077	1.042	0.645	0.246	0.324	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	54.682	927.303	0.927
186	0.94	0.077	1.042	0.645	0.238	0.315	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	54.682	927.303	0.927
187	0.88	0.077	1.042	0.645	0.230	0.307	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	54.682	927.303	0.927
188	0.82	0.077	1.042	0.645	0.223	0.300	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	54.682	927.303	0.927
189	0.97	0.077	1.042	0.645	0.238	0.316	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	54.197	919.086	0.919
190	0.91	0.077	1.042	0.645	0.230	0.308	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	54.197	919.086	0.919
191	0.85	0.077	1.042	0.645	0.223	0.300	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	54.197	919.086	0.919
192	0.79	0.077	1.042	0.645	0.216	0.293	Accepted	16771714.13	0.00275	1.639	2.063	0.0017	0.008010	54.197	919.086	0.919
253	0.91	0.073	1.028	0.605	0.209	0.282	Accepted	15723849.21	0.00278	1.595	1.756	0.0014	0.006888	46.712	681.178	0.681
254	0.85	0.073	1.028	0.605	0.202	0.275	Accepted	15723849.21	0.00278	1.595	1.756	0.0014	0.006888	46.712	681.178	0.681
255	0.80	0.073	1.028	0.605	0.196	0.268	Accepted	15723849.21	0.00278	1.595	1.756	0.0014	0.006888	46.712	681.178	0.681
256	0.74	0.073	1.028	0.605	0.190	0.262	Accepted	15723849.21	0.00278	1.595	1.756	0.0014	0.006888	46.712	681.178	0.681

No	Permesinan								KOMPONEN LWT											
	ηD	EHP (Kw)	EHP (HP)	Dua paddle wheel		Satu paddle wheel		Daya Mesin Induk (HP)	LCG Ruang Navigasi	VCG Ruang Navigasi	Berat Navigasi	LCG peralatan navigasi	VCG Peralatan navigasi	Berat peralatan navigasi (ton)	LCG Storage Conveyor	VCG Storage Conveyor	Berat storage Conveyor (ton)	LCG Loading Conveyor	VCG loading Conveyor	Berat loading Conveyor (ton)
				EHP (Kw)	EHP (HP)	BHP (Kw)	BHP (HP)													
151	0.925	2.244	3.050	2.646	3.599	1.323	1.800	2.7	4.963	3.405	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
152	0.925	2.244	3.050	2.646	3.599	1.323	1.800	2.7	4.963	3.297	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
153	0.925	2.223	3.022	2.621	3.566	1.310	1.783	2.7	4.963	3.525	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
154	0.925	2.223	3.022	2.621	3.566	1.310	1.783	2.7	4.963	3.405	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
155	0.925	2.223	3.022	2.621	3.566	1.310	1.783	2.7	4.963	3.293	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
156	0.925	2.223	3.022	2.621	3.566	1.310	1.783	2.7	4.963	3.189	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
157	0.925	2.203	2.995	2.598	3.534	1.299	1.767	2.7	4.963	3.413	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
158	0.925	2.203	2.995	2.598	3.534	1.299	1.767	2.7	4.963	3.297	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
159	0.925	2.203	2.995	2.598	3.534	1.299	1.767	2.7	4.963	3.189	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
160	0.925	2.203	2.995	2.598	3.534	1.299	1.767	2.7	4.963	3.088	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
161	0.925	2.071	2.816	2.442	3.323	1.221	1.661	2.7	4.963	3.648	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
162	0.925	2.071	2.816	2.442	3.323	1.221	1.661	2.7	4.963	3.525	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
163	0.925	2.071	2.816	2.442	3.323	1.221	1.661	2.7	4.963	3.409	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
164	0.925	2.071	2.816	2.442	3.323	1.221	1.661	2.7	4.963	3.301	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
165	0.925	2.051	2.788	2.418	3.290	1.209	1.645	2.7	4.963	3.525	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
166	0.925	2.051	2.788	2.418	3.290	1.209	1.645	2.7	4.963	3.405	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
167	0.925	2.051	2.788	2.418	3.290	1.209	1.645	2.7	4.963	3.293	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
168	0.925	2.051	2.788	2.418	3.290	1.209	1.645	2.7	4.963	3.189	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
169	0.925	2.031	2.762	2.395	3.259	1.198	1.630	2.7	4.963	3.409	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
170	0.925	2.031	2.762	2.395	3.259	1.198	1.630	2.7	4.963	3.293	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
171	0.925	2.031	2.762	2.395	3.259	1.198	1.630	2.7	4.963	3.185	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
172	0.925	2.031	2.762	2.395	3.259	1.198	1.630	2.7	4.963	3.084	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
173	0.925	2.013	2.737	2.374	3.230	1.187	1.615	2.7	4.963	3.301	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
174	0.925	2.013	2.737	2.374	3.230	1.187	1.615	2.7	4.963	3.189	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
175	0.925	2.013	2.737	2.374	3.230	1.187	1.615	2.7	4.963	3.084	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
176	0.925	2.013	2.737	2.374	3.230	1.187	1.615	2.7	4.963	2.986	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
177	0.925	1.948	2.648	2.297	3.125	1.148	1.562	2.7	4.963	3.532	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
178	0.925	1.948	2.648	2.297	3.125	1.148	1.562	2.7	4.963	3.413	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
179	0.925	1.948	2.648	2.297	3.125	1.148	1.562	2.7	4.963	3.301	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
180	0.925	1.948	2.648	2.297	3.125	1.148	1.562	2.7	4.963	3.196	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
181	0.925	1.928	2.622	2.274	3.094	1.137	1.547	2.7	4.963	3.413	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
182	0.925	1.928	2.622	2.274	3.094	1.137	1.547	2.7	4.963	3.297	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
183	0.925	1.928	2.622	2.274	3.094	1.137	1.547	2.7	4.963	3.189	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
184	0.925	1.928	2.622	2.274	3.094	1.137	1.547	2.7	4.963	3.088	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
185	0.925	1.910	2.597	2.253	3.065	1.126	1.532	2.7	4.963	3.301	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
186	0.925	1.910	2.597	2.253	3.065	1.126	1.532	2.7	4.963	3.189	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
187	0.925	1.910	2.597	2.253	3.065	1.126	1.532	2.7	4.963	3.084	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
188	0.925	1.910	2.597	2.253	3.065	1.126	1.532	2.7	4.963	2.986	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
189	0.925	1.893	2.574	2.233	3.038	1.116	1.519	2.7	4.963	3.196	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
190	0.925	1.893	2.574	2.233	3.038	1.116	1.519	2.7	4.963	3.088	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
191	0.925	1.893	2.574	2.233	3.038	1.116	1.519	2.7	4.963	2.986	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
192	0.925	1.893	2.574	2.233	3.038	1.116	1.519	2.7	4.963	2.892	0.8007	4.015	2.500	0.075	4.721	1.730	1.500	0.484	1.730	0.750
253	0.925	1.403	1.908	1.655	2.251	0.827	1.126	2.7	4.653	2.996	0.8007	3.764	2.500	0.075	4.426	1.730	1.500	0.454	1.730	0.750
254	0.925	1.403	1.908	1.655	2.251	0.827	1.126	2.7	4.653	2.895	0.8007	3.764	2.500	0.075	4.426	1.730	1.500	0.454	1.730	0.750
255	0.925	1.403	1.908	1.655	2.251	0.827	1.126	2.7	4.653	2.800	0.8007	3.764	2.500	0.075	4.426	1.730	1.500	0.454	1.730	0.750
256	0.925	1.403	1.908	1.655	2.251	0.827	1.126	2.7	4.653	2.711	0.8007	3.764	2.500	0.075	4.426	1.730	1.500	0.454	1.730	0.750

No																						
	LCG offloading	VCG Offloading	Berat offloading	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat Mesin	LCG	VCG	Berat Baterai	LCG	VCG	Berat Genset	VCG	LCG	LCG Hull	Berat	Total LWT		
	Conveyor	Conveyor	Conveyor (ton)	paddle wheel	paddle wheel	paddle wheel (ton)	Mesin	Mesin	(ton)	Baterai	Baterai	(ton)	Genset	Genset	(ton)	Hull	Hull	dari FP	Hull (ton)	LCG	VCG	Berat
151	9.452	1.730	0.750	7.991	1.024	0.540	7.991	0.630	0.168	3.289	1.417	0.200	4.421	0.571	0.200	0.918	-0.058	4.68	30.21	4.76	1.05	35.20
152	9.452	1.730	0.750	7.991	0.991	0.540	7.991	0.610	0.168	3.289	1.372	0.200	4.421	0.553	0.200	0.889	-0.058	4.68	30.21	4.76	1.02	35.20
153	9.452	1.730	0.750	7.991	1.059	0.540	7.991	0.652	0.168	3.289	1.467	0.200	4.421	0.591	0.200	0.950	-0.058	4.68	29.22	4.76	1.08	34.21
154	9.452	1.730	0.750	7.991	1.024	0.540	7.991	0.630	0.168	3.289	1.417	0.200	4.421	0.571	0.200	0.918	-0.058	4.68	29.22	4.76	1.05	34.21
155	9.452	1.730	0.750	7.991	0.990	0.540	7.991	0.609	0.168	3.289	1.371	0.200	4.421	0.552	0.200	0.888	-0.058	4.68	29.22	4.76	1.02	34.21
156	9.452	1.730	0.750	7.991	0.959	0.540	7.991	0.590	0.168	3.289	1.327	0.200	4.421	0.535	0.200	0.860	-0.058	4.68	29.22	4.76	1.00	34.21
157	9.452	1.730	0.750	7.991	1.026	0.540	7.991	0.631	0.168	3.289	1.42	0.200	4.421	0.572	0.200	0.920	-0.058	4.68	28.30	4.76	1.06	33.28
158	9.452	1.730	0.750	7.991	0.991	0.540	7.991	0.610	0.168	3.289	1.372	0.200	4.421	0.553	0.200	0.889	-0.058	4.68	28.30	4.76	1.03	33.28
159	9.452	1.730	0.750	7.991	0.959	0.540	7.991	0.590	0.168	3.289	1.327	0.200	4.421	0.535	0.200	0.860	-0.058	4.68	28.30	4.76	1.00	33.28
160	9.452	1.730	0.750	7.991	0.928	0.540	7.991	0.571	0.168	3.289	1.285	0.200	4.421	0.518	0.200	0.832	-0.058	4.68	28.30	4.76	0.97	33.28
161	9.452	1.730	0.750	7.991	1.097	0.540	7.991	0.675	0.168	3.289	1.518	0.200	4.421	0.612	0.200	0.983	-0.058	4.68	29.26	4.76	1.12	34.24
162	9.452	1.730	0.750	7.991	1.059	0.540	7.991	0.652	0.168	3.289	1.467	0.200	4.421	0.591	0.200	0.950	-0.058	4.68	29.26	4.76	1.08	34.24
163	9.452	1.730	0.750	7.991	1.025	0.540	7.991	0.631	0.168	3.289	1.419	0.200	4.421	0.571	0.200	0.919	-0.058	4.68	29.26	4.76	1.05	34.24
164	9.452	1.730	0.750	7.991	0.992	0.540	7.991	0.611	0.168	3.289	1.374	0.200	4.421	0.553	0.200	0.890	-0.058	4.68	29.26	4.76	1.02	34.24
165	9.452	1.730	0.750	7.991	1.059	0.540	7.991	0.652	0.168	3.289	1.467	0.200	4.421	0.591	0.200	0.950	-0.058	4.68	28.27	4.76	1.09	33.25
166	9.452	1.730	0.750	7.991	1.024	0.540	7.991	0.630	0.168	3.289	1.417	0.200	4.421	0.571	0.200	0.918	-0.058	4.68	28.27	4.76	1.06	33.25
167	9.452	1.730	0.750	7.991	0.990	0.540	7.991	0.609	0.168	3.289	1.371	0.200	4.421	0.552	0.200	0.888	-0.058	4.68	28.27	4.76	1.03	33.25
168	9.452	1.730	0.750	7.991	0.959	0.540	7.991	0.590	0.168	3.289	1.327	0.200	4.421	0.535	0.200	0.860	-0.058	4.68	28.27	4.76	1.00	33.25
169	9.452	1.730	0.750	7.991	1.025	0.540	7.991	0.631	0.168	3.289	1.419	0.200	4.421	0.571	0.200	0.919	-0.058	4.68	27.34	4.76	1.06	32.32
170	9.452	1.730	0.750	7.991	0.990	0.540	7.991	0.609	0.168	3.289	1.371	0.200	4.421	0.552	0.200	0.888	-0.058	4.68	27.34	4.76	1.03	32.32
171	9.452	1.730	0.750	7.991	0.957	0.540	7.991	0.589	0.168	3.289	1.326	0.200	4.421	0.534	0.200	0.859	-0.058	4.68	27.34	4.76	1.00	32.32
172	9.452	1.730	0.750	7.991	0.927	0.540	7.991	0.571	0.168	3.289	1.284	0.200	4.421	0.517	0.200	0.832	-0.058	4.68	27.34	4.76	0.98	32.32
173	9.452	1.730	0.750	7.991	0.992	0.540	7.991	0.611	0.168	3.289	1.374	0.200	4.421	0.553	0.200	0.890	-0.058	4.68	26.47	4.76	1.04	31.45
174	9.452	1.730	0.750	7.991	0.959	0.540	7.991	0.590	0.168	3.289	1.327	0.200	4.421	0.535	0.200	0.860	-0.058	4.68	26.47	4.76	1.01	31.45
175	9.452	1.730	0.750	7.991	0.927	0.540	7.991	0.571	0.168	3.289	1.284	0.200	4.421	0.517	0.200	0.832	-0.058	4.68	26.47	4.76	0.98	31.45
176	9.452	1.730	0.750	7.991	0.898	0.540	7.991	0.552	0.168	3.289	1.243	0.200	4.421	0.501	0.200	0.805	-0.058	4.68	26.47	4.76	0.95	31.45
177	9.452	1.730	0.750	7.991	1.062	0.540	7.991	0.653	0.168	3.289	1.47	0.200	4.421	0.592	0.200	0.952	-0.058	4.68	27.43	4.76	1.09	32.41
178	9.452	1.730	0.750	7.991	1.026	0.540	7.991	0.631	0.168	3.289	1.42	0.200	4.421	0.572	0.200	0.920	-0.058	4.68	27.43	4.76	1.06	32.41
179	9.452	1.730	0.750	7.991	0.992	0.540	7.991	0.611	0.168	3.289	1.374	0.200	4.421	0.553	0.200	0.890	-0.058	4.68	27.43	4.76	1.03	32.41
180	9.452	1.730	0.750	7.991	0.961	0.540	7.991	0.591	0.168	3.289	1.33	0.200	4.421	0.536	0.200	0.862	-0.058	4.68	27.43	4.76	1.00	32.41
181	9.452	1.730	0.750	7.991	1.026	0.540	7.991	0.631	0.168	3.289	1.42	0.200	4.421	0.572	0.200	0.920	-0.058	4.68	26.50	4.76	1.07	31.48
182	9.452	1.730	0.750	7.991	0.991	0.540	7.991	0.610	0.168	3.289	1.372	0.200	4.421	0.553	0.200	0.889	-0.058	4.68	26.50	4.76	1.04	31.48
183	9.452	1.730	0.750	7.991	0.959	0.540	7.991	0.590	0.168	3.289	1.327	0.200	4.421	0.535	0.200	0.860	-0.058	4.68	26.50	4.76	1.01	31.48
184	9.452	1.730	0.750	7.991	0.928	0.540	7.991	0.571	0.168	3.289	1.285	0.200	4.421	0.518	0.200	0.832	-0.058	4.68	26.50	4.76	0.98	31.48
185	9.452	1.730	0.750	7.991	0.992	0.540	7.991	0.611	0.168	3.289	1.374	0.200	4.421	0.553	0.200	0.890	-0.058	4.68	25.63	4.77	1.04	30.61
186	9.452	1.730	0.750	7.991	0.959	0.540	7.991	0.590	0.168	3.289	1.327	0.200	4.421	0.535	0.200	0.860	-0.058	4.68	25.63	4.77	1.01	30.61
187	9.452	1.730	0.750	7.991	0.927	0.540	7.991	0.571	0.168	3.289	1.284	0.200	4.421	0.517	0.200	0.832	-0.058	4.68	25.63	4.77	0.98	30.61
188	9.452	1.730	0.750	7.991	0.898	0.540	7.991	0.552	0.168	3.289	1.243	0.200	4.421	0.501	0.200	0.805	-0.058	4.68	25.63	4.77	0.96	30.61
189	9.452	1.730	0.750	7.991	0.961	0.540	7.991	0.591	0.168	3.289	1.33	0.200	4.421	0.536	0.200	0.862	-0.058	4.68	24.82	4.77	1.02	29.80
190	9.452	1.730	0.750	7.991	0.928	0.540	7.991	0.571	0.168	3.289	1.285	0.200	4.421	0.518	0.200	0.832	-0.058	4.68	24.82	4.77	0.99	29.80
191	9.452	1.730	0.750	7.991	0.898	0.540	7.991	0.552	0.168	3.289	1.243	0.200	4.421	0.501	0.200	0.805	-0.058	4.68	24.82	4.77	0.96	29.80
192	9.452	1.730	0.750	7.991	0.869	0.540	7.991	0.535	0.168	3.289	1.203	0.200	4.421	0.485	0.200	0.780	-0.058	4.68	24.82	4.77	0.94	29.80
253	8.862	1.730	0.750	7.492	0.901	0.540	7.492	0.554	0.168	3.084	1.247	0.200	4.145	0.502	0.200	0.808	-0.095	4.34	19.94	4.45	1.00	24.92
254	8.862	1.730	0.750	7.492	0.870	0.540	7.492	0.535	0.168	3.084	1.205	0.200	4.145	0.485	0.200	0.781	-0.095	4.34	19.94	4.45	0.97	24.92
255	8.862	1.730	0.750	7.492	0.842	0.540	7.492	0.518	0.168	3.084	1.165	0.200	4.145	0.469	0.200	0.755	-0.095	4.34	19.94	4.45	0.94	24.92
256	8.862	1.730	0.750	7.492	0.815	0.540	7.492	0.501	0.168	3.084	1.128	0.200	4.145	0.454	0.200	0.732	-0.095	4.34	19.94	4.45	0.92	24.92

	KOMPONEN DWT															KOREKSI					
No	Crew Weight (ton)	LCG Crew	VCG Crew	berat bahan bakar mesin	LCG bahan bakar mesin	VCG bahan bakar mesin	berat bahan bakar genset	LCG bahan bakar genset	VCG bahan bakar genset	Berat Payload	LCG Payload	VCG Payload	Total DWT			Total LWT+DWT	LCG LWT+DWT	VCG LWT+DWT	Selish Displacement & Berat Kapal	Selish %	Kondisi
													Berat	LCG	VCG						
151	0.156	4.721	2.834	0.059	6.511	0.571	0.049	4.160	0.571	4	4.721	2.218	4.264	4.7396	2.1991	39.463	4.754	1.172	3.7016	9.379947315	Accepted
152	0.156	4.721	2.744	0.059	6.511	0.553	0.049	4.160	0.553	4	4.721	2.148	4.264	4.7396	2.1293	39.463	4.754	1.140	3.7016	9.379947315	Accepted
153	0.156	4.721	2.934	0.059	6.511	0.591	0.049	4.160	0.591	4	4.721	2.296	4.264	4.7396	2.2762	38.472	4.756	1.215	3.2769	8.517735168	Accepted
154	0.156	4.721	2.834	0.059	6.511	0.571	0.049	4.160	0.571	4	4.721	2.218	4.264	4.7396	2.1991	38.472	4.756	1.179	3.2769	8.517735168	Accepted
155	0.156	4.721	2.741	0.059	6.511	0.552	0.049	4.160	0.552	4	4.721	2.146	4.264	4.7396	2.1270	38.472	4.756	1.145	3.2769	8.517735168	Accepted
156	0.156	4.721	2.654	0.059	6.511	0.535	0.049	4.160	0.535	4	4.721	2.077	4.264	4.7396	2.0595	38.472	4.756	1.113	3.2769	8.517735168	Accepted
157	0.156	4.721	2.841	0.059	6.511	0.572	0.049	4.160	0.572	4	4.721	2.223	4.264	4.7396	2.2040	37.544	4.758	1.188	2.8794	7.669262449	Accepted
158	0.156	4.721	2.744	0.059	6.511	0.553	0.049	4.160	0.553	4	4.721	2.148	4.264	4.7396	2.1293	37.544	4.758	1.152	2.8794	7.669262449	Accepted
159	0.156	4.721	2.654	0.059	6.511	0.535	0.049	4.160	0.535	4	4.721	2.077	4.264	4.7396	2.0595	37.544	4.758	1.119	2.8794	7.669262449	Accepted
160	0.156	4.721	2.570	0.059	6.511	0.518	0.049	4.160	0.518	4	4.721	2.011	4.264	4.7396	1.9941	37.544	4.758	1.088	2.8794	7.669262449	Accepted
161	0.156	4.721	3.037	0.059	6.511	0.612	0.049	4.160	0.612	4	4.721	2.377	4.264	4.7396	2.3561	38.505	4.756	1.253	3.2912	8.547455428	Accepted
162	0.156	4.721	2.934	0.059	6.511	0.591	0.049	4.160	0.591	4	4.721	2.296	4.264	4.7396	2.2762	38.505	4.756	1.215	3.2912	8.547455428	Accepted
163	0.156	4.721	2.838	0.059	6.511	0.571	0.049	4.160	0.571	4	4.721	2.221	4.264	4.7396	2.2016	38.505	4.756	1.180	3.2912	8.547455428	Accepted
164	0.156	4.721	2.748	0.059	6.511	0.553	0.049	4.160	0.553	4	4.721	2.150	4.264	4.7396	2.1317	38.505	4.756	1.147	3.2912	8.547455428	Accepted
165	0.156	4.721	2.934	0.059	6.511	0.591	0.049	4.160	0.591	4	4.721	2.296	4.264	4.7396	2.2762	37.513	4.758	1.222	2.8662	7.640466302	Accepted
166	0.156	4.721	2.834	0.059	6.511	0.571	0.049	4.160	0.571	4	4.721	2.218	4.264	4.7396	2.1991	37.513	4.758	1.186	2.8662	7.640466302	Accepted
167	0.156	4.721	2.741	0.059	6.511	0.552	0.049	4.160	0.552	4	4.721	2.146	4.264	4.7396	2.1270	37.513	4.758	1.151	2.8662	7.640466302	Accepted
168	0.156	4.721	2.654	0.059	6.511	0.535	0.049	4.160	0.535	4	4.721	2.077	4.264	4.7396	2.0595	37.513	4.758	1.120	2.8662	7.640466302	Accepted
169	0.156	4.721	2.838	0.059	6.511	0.571	0.049	4.160	0.571	4	4.721	2.221	4.264	4.7396	2.2016	36.587	4.760	1.194	2.4689	6.748243226	Accepted
170	0.156	4.721	2.741	0.059	6.511	0.552	0.049	4.160	0.552	4	4.721	2.146	4.264	4.7396	2.1270	36.587	4.760	1.158	2.4689	6.748243226	Accepted
171	0.156	4.721	2.652	0.059	6.511	0.534	0.049	4.160	0.534	4	4.721	2.075	4.264	4.7396	2.0572	36.587	4.760	1.125	2.4689	6.748243226	Accepted
172	0.156	4.721	2.567	0.059	6.511	0.517	0.049	4.160	0.517	4	4.721	2.009	4.264	4.7396	1.9919	36.587	4.760	1.094	2.4689	6.748243226	Accepted
173	0.156	4.721	2.748	0.059	6.511	0.553	0.049	4.160	0.553	4	4.721	2.150	4.264	4.7396	2.1317	35.719	4.762	1.167	2.0970	5.870950734	Accepted
174	0.156	4.721	2.654	0.059	6.511	0.535	0.049	4.160	0.535	4	4.721	2.077	4.264	4.7396	2.0595	35.719	4.762	1.133	2.0970	5.870950734	Accepted
175	0.156	4.721	2.567	0.059	6.511	0.517	0.049	4.160	0.517	4	4.721	2.009	4.264	4.7396	1.9919	35.719	4.762	1.100	2.0970	5.870950734	Accepted
176	0.156	4.721	2.486	0.059	6.511	0.501	0.049	4.160	0.501	4	4.721	1.946	4.264	4.7396	1.9287	35.719	4.762	1.070	2.0970	5.870950734	Accepted
177	0.156	4.721	2.940	0.059	6.511	0.592	0.049	4.160	0.592	4	4.721	2.301	4.264	4.7396	2.2813	36.677	4.760	1.231	2.5078	6.837499379	Accepted
178	0.156	4.721	2.841	0.059	6.511	0.572	0.049	4.160	0.572	4	4.721	2.223	4.264	4.7396	2.2040	36.677	4.760	1.194	2.5078	6.837499379	Accepted
179	0.156	4.721	2.748	0.059	6.511	0.553	0.049	4.160	0.553	4	4.721	2.150	4.264	4.7396	2.1317	36.677	4.760	1.160	2.5078	6.837499379	Accepted
180	0.156	4.721	2.660	0.059	6.511	0.536	0.049	4.160	0.536	4	4.721	2.082	4.264	4.7396	2.0640	36.677	4.760	1.128	2.5078	6.837499379	Accepted
181	0.156	4.721	2.841	0.059	6.511	0.572	0.049	4.160	0.572	4	4.721	2.223	4.264	4.7396	2.2040	35.747	4.762	1.201	2.1094	5.900697018	Accepted
182	0.156	4.721	2.744	0.059	6.511	0.553	0.049	4.160	0.553	4	4.721	2.148	4.264	4.7396	2.1293	35.747	4.762	1.166	2.1094	5.900697018	Accepted
183	0.156	4.721	2.654	0.059	6.511	0.535	0.049	4.160	0.535	4	4.721	2.077	4.264	4.7396	2.0595	35.747	4.762	1.132	2.1094	5.900697018	Accepted
184	0.156	4.721	2.570	0.059	6.511	0.518	0.049	4.160	0.518	4	4.721	2.011	4.264	4.7396	1.9941	35.747	4.762	1.101	2.1094	5.900697018	Accepted
185	0.156	4.721	2.748	0.059	6.511	0.553	0.049	4.160	0.553	4	4.721	2.150	4.264	4.7396	2.1317	34.878	4.764	1.174	1.7369	4.979906737	Accepted
186	0.156	4.721	2.654	0.059	6.511	0.535	0.049	4.160	0.535	4	4.721	2.077	4.264	4.7396	2.0595	34.878	4.764	1.139	1.7369	4.979906737	Accepted
187	0.156	4.721	2.567	0.059	6.511	0.517	0.049	4.160	0.517	4	4.721	2.009	4.264	4.7396	1.9919	34.878	4.764	1.107	1.7369	4.979906737	Accepted
188	0.156	4.721	2.486	0.059	6.511	0.501	0.049	4.160	0.501	4	4.721	1.946	4.264	4.7396	1.9287	34.878	4.764	1.077	1.7369	4.979906737	Accepted
189	0.156	4.721	2.660	0.059	6.511	0.536	0.049	4.160	0.536	4	4.721	2.082	4.264	4.7396	2.0640	34.065	4.766	1.148	1.3882	4.075259773	Accepted
190	0.156	4.721	2.570	0.059	6.511	0.518	0.049	4.160	0.518	4	4.721	2.011	4.264	4.7396	1.9941	34.065	4.766	1.115	1.3882	4.075259773	Accepted
191	0.156	4.721	2.486	0.059	6.511	0.501	0.049	4.160	0.501	4	4.721	1.946	4.264	4.7396	1.9287	34.065	4.766	1.083	1.3882	4.075259773	Accepted
192	0.156	4.721	2.407	0.059	6.511	0.485	0.049	4.160	0.485	4	4.721	1.884	4.264	4.7396	1.8675	34.065	4.766	1.054	1.3882	4.075259773	Accepted
253	0.156	4.426	2.494	0.059	6.104	0.502	0.049	3.900	0.502	4	4.426	1.952	4.264	4.4435	1.9351	29.188	4.450	1.133	-0.7021	2.405313404	Accepted
254	0.156	4.426	2.410	0.059	6.104	0.485	0.049	3.900	0.485	4	4.426	1.886	4.264	4.4435	1.8695	29.188	4.450	1.101	-0.7021	2.405313404	Accepted
255	0.156	4.426	2.331	0.059	6.104	0.469	0.049	3.900	0.469	4	4.426	1.824	4.264	4.4435	1.8082	29.188	4.450	1.071	-0.7021	2.405313404	Accepted
256	0.156	4.426	2.257	0.059	6.104	0.454	0.049	3.900	0.454	4	4.426	1.766	4.264	4.4435	1.7508	29.188	4.450	1.043	-0.7021	2.405313404	Accepted

No	TRIM														
	KB/T	KB	CI	IT	BM ₁	GM ₁	C _{IL}	I _L	BM _L	GM _L	KONDISI TRIM	T _A - T _F	0.5%LWL	ACCEPTANCE	ULTIMATE ACCEPTANCE
151	0.544	0.530	0.061	121.752	2.891	2.249	0.0528	282.28	6.703	6.061	Trim Buritan	0.0134	0.048373776	OK	Accepted
152	0.544	0.530	0.061	121.752	2.891	2.281	0.0528	282.28	6.703	6.093	Trim Buritan	0.0134	0.048373776	OK	Accepted
153	0.544	0.512	0.061	121.752	2.989	2.286	0.0528	282.28	6.930	6.228	Trim Buritan	0.0161	0.048373776	OK	Accepted
154	0.544	0.512	0.061	121.752	2.989	2.323	0.0528	282.28	6.930	6.264	Trim Buritan	0.0160	0.048373776	OK	Accepted
155	0.544	0.512	0.061	121.752	2.989	2.357	0.0528	282.28	6.930	6.298	Trim Buritan	0.0159	0.048373776	OK	Accepted
156	0.544	0.512	0.061	121.752	2.989	2.389	0.0528	282.28	6.930	6.330	Trim Buritan	0.0158	0.048373776	OK	Accepted
157	0.544	0.496	0.061	121.752	3.087	2.396	0.0528	282.28	7.158	6.466	Trim Buritan	0.0183	0.048373776	OK	Accepted
158	0.544	0.496	0.061	121.752	3.087	2.431	0.0528	282.28	7.158	6.501	Trim Buritan	0.0182	0.048373776	OK	Accepted
159	0.544	0.496	0.061	121.752	3.087	2.464	0.0528	282.28	7.158	6.534	Trim Buritan	0.0181	0.048373776	OK	Accepted
160	0.544	0.496	0.061	121.752	3.087	2.495	0.0528	282.28	7.158	6.565	Trim Buritan	0.0180	0.048373776	OK	Accepted
161	0.544	0.530	0.061	110.163	2.702	1.979	0.0528	273.02	6.695	5.973	Trim Buritan	0.0166	0.048373776	OK	Accepted
162	0.544	0.530	0.061	110.163	2.702	2.017	0.0528	273.02	6.695	6.011	Trim Buritan	0.0165	0.048373776	OK	Accepted
163	0.544	0.530	0.061	110.163	2.702	2.052	0.0528	273.02	6.695	6.046	Trim Buritan	0.0164	0.048373776	OK	Accepted
164	0.544	0.530	0.061	110.163	2.702	2.085	0.0528	273.02	6.695	6.079	Trim Buritan	0.0163	0.048373776	OK	Accepted
165	0.544	0.512	0.061	110.163	2.796	2.087	0.0528	273.02	6.930	6.221	Trim Buritan	0.0191	0.048373776	OK	Accepted
166	0.544	0.512	0.061	110.163	2.796	2.123	0.0528	273.02	6.930	6.257	Trim Buritan	0.0190	0.048373776	OK	Accepted
167	0.544	0.512	0.061	110.163	2.796	2.157	0.0528	273.02	6.930	6.291	Trim Buritan	0.0189	0.048373776	OK	Accepted
168	0.544	0.512	0.061	110.163	2.796	2.189	0.0528	273.02	6.930	6.323	Trim Buritan	0.0188	0.048373776	OK	Accepted
169	0.544	0.496	0.061	110.163	2.891	2.193	0.0528	273.02	7.165	6.467	Trim Buritan	0.0214	0.048373776	OK	Accepted
170	0.544	0.496	0.061	110.163	2.891	2.229	0.0528	273.02	7.165	6.503	Trim Buritan	0.0213	0.048373776	OK	Accepted
171	0.544	0.496	0.061	110.163	2.891	2.262	0.0528	273.02	7.165	6.536	Trim Buritan	0.0211	0.048373776	OK	Accepted
172	0.544	0.496	0.061	110.163	2.891	2.293	0.0528	273.02	7.165	6.567	Trim Buritan	0.0210	0.048373776	OK	Accepted
173	0.544	0.480	0.061	110.163	2.986	2.299	0.0528	273.02	7.400	6.713	Trim Buritan	0.0234	0.048373776	OK	Accepted
174	0.544	0.480	0.061	110.163	2.986	2.333	0.0528	273.02	7.400	6.748	Trim Buritan	0.0233	0.048373776	OK	Accepted
175	0.544	0.480	0.061	110.163	2.986	2.365	0.0528	273.02	7.400	6.780	Trim Buritan	0.0232	0.048373776	OK	Accepted
176	0.544	0.480	0.061	110.163	2.986	2.395	0.0528	273.02	7.400	6.810	Trim Buritan	0.0231	0.048373776	OK	Accepted
177	0.544	0.514	0.061	100.002	2.616	1.899	0.0528	264.36	6.915	6.198	Trim Buritan	0.0220	0.048373776	OK	Accepted
178	0.544	0.514	0.061	100.002	2.616	1.935	0.0528	264.36	6.915	6.235	Trim Buritan	0.0219	0.048373776	OK	Accepted
179	0.544	0.514	0.061	100.002	2.616	1.970	0.0528	264.36	6.915	6.269	Trim Buritan	0.0217	0.048373776	OK	Accepted
180	0.544	0.514	0.061	100.002	2.616	2.002	0.0528	264.36	6.915	6.301	Trim Buritan	0.0216	0.048373776	OK	Accepted
181	0.544	0.496	0.061	100.002	2.708	2.003	0.0528	264.36	7.158	6.453	Trim Buritan	0.0243	0.048373776	OK	Accepted
182	0.544	0.496	0.061	100.002	2.708	2.038	0.0528	264.36	7.158	6.488	Trim Buritan	0.0241	0.048373776	OK	Accepted
183	0.544	0.496	0.061	100.002	2.708	2.071	0.0528	264.36	7.158	6.521	Trim Buritan	0.0240	0.048373776	OK	Accepted
184	0.544	0.496	0.061	100.002	2.708	2.102	0.0528	264.36	7.158	6.552	Trim Buritan	0.0239	0.048373776	OK	Accepted
185	0.544	0.480	0.061	100.002	2.799	2.106	0.0528	264.36	7.400	6.706	Trim Buritan	0.0263	0.048373776	OK	Accepted
186	0.544	0.480	0.061	100.002	2.799	2.140	0.0528	264.36	7.400	6.741	Trim Buritan	0.0262	0.048373776	OK	Accepted
187	0.544	0.480	0.061	100.002	2.799	2.172	0.0528	264.36	7.400	6.773	Trim Buritan	0.0260	0.048373776	OK	Accepted
188	0.544	0.480	0.061	100.002	2.799	2.202	0.0528	264.36	7.400	6.803	Trim Buritan	0.0259	0.048373776	OK	Accepted
189	0.544	0.465	0.061	100.002	2.891	2.208	0.0528	264.36	7.643	6.959	Trim Buritan	0.0281	0.048373776	OK	Accepted
190	0.544	0.465	0.061	100.002	2.891	2.241	0.0528	264.36	7.643	6.993	Trim Buritan	0.0280	0.048373776	OK	Accepted
191	0.544	0.465	0.061	100.002	2.891	2.273	0.0528	264.36	7.643	7.024	Trim Buritan	0.0279	0.048373776	OK	Accepted
192	0.544	0.465	0.061	100.002	2.891	2.302	0.0528	264.36	7.643	7.054	Trim Buritan	0.0278	0.048373776	OK	Accepted
253	0.544	0.438	0.060	75.507	2.717	2.021	0.0508	196.33	7.065	6.369	Trim Buritan	0.0424	0.045351474	OK	Accepted
254	0.544	0.438	0.060	75.507	2.717	2.053	0.0508	196.33	7.065	6.401	Trim Buritan	0.0422	0.045351474	OK	Accepted
255	0.544	0.438	0.060	75.507	2.717	2.083	0.0508	196.33	7.065	6.431	Trim Buritan	0.0420	0.045351474	OK	Accepted
256	0.544	0.438	0.060	75.507	2.717	2.112	0.0508	196.33	7.065	6.459	Trim Buritan	0.0418	0.045351474	OK	Accepted

Biaya Pembangunan Awal													
No	berat Lambung (ton)	harga lambung	total	berat konstruksi (ton)	harga konstruksi	total	berat ruang navigasi	harga ruang navigasi	total harga	elektroda	harga elektroda	total	total harga baja kapal
		USD/(ton)	harga lambung (USD)		USD/(ton)	harga konstruksi (USD)		USD/(ton)	ruang navigasi (USD)	(ton)	USD/(ton)	harga elektroda (USD)	(USD)
151	30.21	600	18128.99	6.043	600	3625.80	0.8007	600	480	2.224	500	1111.760	23346.969
152	30.21	600	18128.99	6.043	600	3625.80	0.8007	600	480	2.224	500	1111.760	23346.969
153	29.22	600	17534.48	5.845	600	3506.90	0.8007	600	480	2.152	500	1076.090	22597.886
154	29.22	600	17534.48	5.845	600	3506.90	0.8007	600	480	2.152	500	1076.090	22597.886
155	29.22	600	17534.48	5.845	600	3506.90	0.8007	600	480	2.152	500	1076.090	22597.886
156	29.22	600	17534.48	5.845	600	3506.90	0.8007	600	480	2.152	500	1076.090	22597.886
157	28.30	600	16977.89	5.659	600	3395.58	0.8007	600	480	2.085	500	1042.694	21896.577
158	28.30	600	16977.89	5.659	600	3395.58	0.8007	600	480	2.085	500	1042.694	21896.577
159	28.30	600	16977.89	5.659	600	3395.58	0.8007	600	480	2.085	500	1042.694	21896.577
160	28.30	600	16977.89	5.659	600	3395.58	0.8007	600	480	2.085	500	1042.694	21896.577
161	29.26	600	17554.48	5.851	600	3510.90	0.8007	600	480	2.155	500	1077.290	22623.081
162	29.26	600	17554.48	5.851	600	3510.90	0.8007	600	480	2.155	500	1077.290	22623.081
163	29.26	600	17554.48	5.851	600	3510.90	0.8007	600	480	2.155	500	1077.290	22623.081
164	29.26	600	17554.48	5.851	600	3510.90	0.8007	600	480	2.155	500	1077.290	22623.081
165	28.27	600	16959.47	5.653	600	3391.89	0.8007	600	480	2.083	500	1041.589	21873.369
166	28.27	600	16959.47	5.653	600	3391.89	0.8007	600	480	2.083	500	1041.589	21873.369
167	28.27	600	16959.47	5.653	600	3391.89	0.8007	600	480	2.083	500	1041.589	21873.369
168	28.27	600	16959.47	5.653	600	3391.89	0.8007	600	480	2.083	500	1041.589	21873.369
169	27.34	600	16403.31	5.468	600	3280.66	0.8007	600	480	2.016	500	1008.220	21172.610
170	27.34	600	16403.31	5.468	600	3280.66	0.8007	600	480	2.016	500	1008.220	21172.610
171	27.34	600	16403.31	5.468	600	3280.66	0.8007	600	480	2.016	500	1008.220	21172.610
172	27.34	600	16403.31	5.468	600	3280.66	0.8007	600	480	2.016	500	1008.220	21172.610
173	26.47	600	15882.62	5.294	600	3176.52	0.8007	600	480	1.954	500	976.978	20516.544
174	26.47	600	15882.62	5.294	600	3176.52	0.8007	600	480	1.954	500	976.978	20516.544
175	26.47	600	15882.62	5.294	600	3176.52	0.8007	600	480	1.954	500	976.978	20516.544
176	26.47	600	15882.62	5.294	600	3176.52	0.8007	600	480	1.954	500	976.978	20516.544
177	27.43	600	16457.71	5.486	600	3291.54	0.8007	600	480	2.023	500	1011.483	21241.150
178	27.43	600	16457.71	5.486	600	3291.54	0.8007	600	480	2.023	500	1011.483	21241.150
179	27.43	600	16457.71	5.486	600	3291.54	0.8007	600	480	2.023	500	1011.483	21241.150
180	27.43	600	16457.71	5.486	600	3291.54	0.8007	600	480	2.023	500	1011.483	21241.150
181	26.50	600	15899.87	5.300	600	3179.97	0.8007	600	480	1.956	500	978.013	20538.279
182	26.50	600	15899.87	5.300	600	3179.97	0.8007	600	480	1.956	500	978.013	20538.279
183	26.50	600	15899.87	5.300	600	3179.97	0.8007	600	480	1.956	500	978.013	20538.279
184	26.50	600	15899.87	5.300	600	3179.97	0.8007	600	480	1.956	500	978.013	20538.279
185	25.63	600	15378.46	5.126	600	3075.69	0.8007	600	480	1.893	500	946.729	19881.302
186	25.63	600	15378.46	5.126	600	3075.69	0.8007	600	480	1.893	500	946.729	19881.302
187	25.63	600	15378.46	5.126	600	3075.69	0.8007	600	480	1.893	500	946.729	19881.302
188	25.63	600	15378.46	5.126	600	3075.69	0.8007	600	480	1.893	500	946.729	19881.302
189	24.82	600	14890.31	4.963	600	2978.06	0.8007	600	480	1.835	500	917.439	19266.225
190	24.82	600	14890.31	4.963	600	2978.06	0.8007	600	480	1.835	500	917.439	19266.225
191	24.82	600	14890.31	4.963	600	2978.06	0.8007	600	480	1.835	500	917.439	19266.225
192	24.82	600	14890.31	4.963	600	2978.06	0.8007	600	480	1.835	500	917.439	19266.225
253	19.94	600	11963.91	3.988	600	2392.78	0.8007	600	480	1.484	500	741.855	15578.964
254	19.94	600	11963.91	3.988	600	2392.78	0.8007	600	480	1.484	500	741.855	15578.964
255	19.94	600	11963.91	3.988	600	2392.78	0.8007	600	480	1.484	500	741.855	15578.964
256	19.94	600	11963.91	3.988	600	2392.78	0.8007	600	480	1.484	500	741.855	15578.964

No								Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal					
	Jumlah	harga Baterai	Total Harga	Jumlah Motor	harga motor winch	Total Harga	Total Harga	Baja Kapal	Equipmen&Outfitting	permesinan	Total Harga	Kurs Rp - USD (per 1 Mei 2018, Bf)	Total Biaya Pembangunan
	Baterai	USD/Unit	Baterai USD	untuk Winch	USD/unit	Motor untuk Winch (USD)	Permesinan (USD)	(USD)	(USD)	(USD)	(USD)	Rp/(USD)	Awal (Rupiah)
140	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24175.344	5711.816	39626	69513.160	14100	980135555.3
141	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23423.961	5711.816	39626	68761.778	14100	969541068
142	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23423.961	5711.816	39626	68761.778	14100	969541068
143	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23423.961	5711.816	39626	68761.778	14100	969541068
144	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23423.961	5711.816	39626	68761.778	14100	969541068
145	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24148.381	5711.816	39626	69486.198	14100	979755386.9
146	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24148.381	5711.816	39626	69486.198	14100	979755386.9
147	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24148.381	5711.816	39626	69486.198	14100	979755386.9
148	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24148.381	5711.816	39626	69486.198	14100	979755386.9
149	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23346.969	5711.816	39626	68684.786	14100	968455476.8
150	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23346.969	5711.816	39626	68684.786	14100	968455476.8
151	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23346.969	5711.816	39626	68684.786	14100	968455476.8
152	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23346.969	5711.816	39626	68684.786	14100	968455476.8
153	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22597.886	5711.816	39626	67935.703	14100	957893411
154	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22597.886	5711.816	39626	67935.703	14100	957893411
155	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22597.886	5711.816	39626	67935.703	14100	957893411
156	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22597.886	5711.816	39626	67935.703	14100	957893411
157	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21896.577	5711.816	39626	67234.394	14100	948004952.9
158	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21896.577	5711.816	39626	67234.394	14100	948004952.9
159	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21896.577	5711.816	39626	67234.394	14100	948004952.9
160	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21896.577	5711.816	39626	67234.394	14100	948004952.9
161	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22623.081	5711.816	39626	67960.897	14100	958248649.1
162	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22623.081	5711.816	39626	67960.897	14100	958248649.1
163	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22623.081	5711.816	39626	67960.897	14100	958248649.1
164	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22623.081	5711.816	39626	67960.897	14100	958248649.1
165	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21873.369	5711.816	39626	67211.185	14100	947677710.5
166	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21873.369	5711.816	39626	67211.185	14100	947677710.5
167	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21873.369	5711.816	39626	67211.185	14100	947677710.5
168	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21873.369	5711.816	39626	67211.185	14100	947677710.5
169	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21172.610	5711.816	39626	66510.427	14100	937797017
170	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21172.610	5711.816	39626	66510.427	14100	937797017
171	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21172.610	5711.816	39626	66510.427	14100	937797017
172	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21172.610	5711.816	39626	66510.427	14100	937797017
173	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20516.544	5711.816	39626	65854.360	14100	928546475.9
174	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20516.544	5711.816	39626	65854.360	14100	928546475.9
175	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20516.544	5711.816	39626	65854.360	14100	928546475.9
176	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20516.544	5711.816	39626	65854.360	14100	928546475.9
177	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21241.150	5711.816	39626	66578.966	14100	938763426.3
178	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21241.150	5711.816	39626	66578.966	14100	938763426.3
179	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21241.150	5711.816	39626	66578.966	14100	938763426.3
180	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21241.150	5711.816	39626	66578.966	14100	938763426.3
181	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20538.279	5711.816	39626	65876.095	14100	928852939.9
182	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20538.279	5711.816	39626	65876.095	14100	928852939.9
183	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20538.279	5711.816	39626	65876.095	14100	928852939.9
184	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20538.279	5711.816	39626	65876.095	14100	928852939.9
185	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19881.302	5711.816	39626	65219.119	14100	919589573.4
186	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19881.302	5711.816	39626	65219.119	14100	919589573.4
187	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19881.302	5711.816	39626	65219.119	14100	919589573.4
188	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19881.302	5711.816	39626	65219.119	14100	919589573.4
189	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19266.225	5711.816	39626	64604.042	14100	910916988.5
190	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19266.225	5711.816	39626	64604.042	14100	910916988.5
191	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19266.225	5711.816	39626	64604.042	14100	910916988.5
192	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19266.225	5711.816	39626	64604.042	14100	910916988.5
253	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	15578.964	5690.660	39626	60895.624	14100	858628305.3
254	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	15578.964	5690.660	39626	60895.624	14100	858628305.3
255	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	15578.964	5690.660	39626	60895.624	14100	858628305.3
256	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	15578.964	5690.660	39626	60895.624	14100	858628305.3

	Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal							Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal					
No	Jumlah Baterai	harga Baterai USD/Unit	Total Harga Baterai USD	Jumlah Motor untuk Winch	harga motor winch USD/unit	Total Harga Motor untuk Winch (USD)	Total Harga Permesinan (USD)	Baja Kapal (USD)	Equipmen&Outfitting (USD)	permesinan (USD)	Total Harga (USD)	Kurs Rp - USD (per 1 Mei 2018, B)	Total Biaya Pembangunan Awal (Rupiah)
140	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24175.344	5711.816	39626	69513.160	14100	980135555.3
141	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23423.961	5711.816	39626	68761.778	14100	969541068
142	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23423.961	5711.816	39626	68761.778	14100	969541068
143	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23423.961	5711.816	39626	68761.778	14100	969541068
144	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23423.961	5711.816	39626	68761.778	14100	969541068
145	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24148.381	5711.816	39626	69486.198	14100	979755386.9
146	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24148.381	5711.816	39626	69486.198	14100	979755386.9
147	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24148.381	5711.816	39626	69486.198	14100	979755386.9
148	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	24148.381	5711.816	39626	69486.198	14100	979755386.9
149	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23346.969	5711.816	39626	68684.786	14100	968455476.8
150	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23346.969	5711.816	39626	68684.786	14100	968455476.8
151	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23346.969	5711.816	39626	68684.786	14100	968455476.8
152	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	23346.969	5711.816	39626	68684.786	14100	968455476.8
153	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22597.886	5711.816	39626	67935.703	14100	957893411
154	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22597.886	5711.816	39626	67935.703	14100	957893411
155	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22597.886	5711.816	39626	67935.703	14100	957893411
156	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22597.886	5711.816	39626	67935.703	14100	957893411
157	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21896.577	5711.816	39626	67234.394	14100	948004952.9
158	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21896.577	5711.816	39626	67234.394	14100	948004952.9
159	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21896.577	5711.816	39626	67234.394	14100	948004952.9
160	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21896.577	5711.816	39626	67234.394	14100	948004952.9
161	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22623.081	5711.816	39626	67960.897	14100	958248649.1
162	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22623.081	5711.816	39626	67960.897	14100	958248649.1
163	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22623.081	5711.816	39626	67960.897	14100	958248649.1
164	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	22623.081	5711.816	39626	67960.897	14100	958248649.1
165	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21873.369	5711.816	39626	67211.185	14100	947677710.5
166	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21873.369	5711.816	39626	67211.185	14100	947677710.5
167	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21873.369	5711.816	39626	67211.185	14100	947677710.5
168	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21873.369	5711.816	39626	67211.185	14100	947677710.5
169	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21172.610	5711.816	39626	66510.427	14100	937797017
170	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21172.610	5711.816	39626	66510.427	14100	937797017
171	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21172.610	5711.816	39626	66510.427	14100	937797017
172	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21172.610	5711.816	39626	66510.427	14100	937797017
173	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20516.544	5711.816	39626	65854.360	14100	928546475.9
174	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20516.544	5711.816	39626	65854.360	14100	928546475.9
175	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20516.544	5711.816	39626	65854.360	14100	928546475.9
176	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20516.544	5711.816	39626	65854.360	14100	928546475.9
177	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21241.150	5711.816	39626	66578.966	14100	938763426.3
178	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21241.150	5711.816	39626	66578.966	14100	938763426.3
179	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21241.150	5711.816	39626	66578.966	14100	938763426.3
180	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	21241.150	5711.816	39626	66578.966	14100	938763426.3
181	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20538.279	5711.816	39626	65876.095	14100	928852939.9
182	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20538.279	5711.816	39626	65876.095	14100	928852939.9
183	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20538.279	5711.816	39626	65876.095	14100	928852939.9
184	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	20538.279	5711.816	39626	65876.095	14100	928852939.9
185	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19881.302	5711.816	39626	65219.119	14100	919589573.4
186	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19881.302	5711.816	39626	65219.119	14100	919589573.4
187	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19881.302	5711.816	39626	65219.119	14100	919589573.4
188	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19881.302	5711.816	39626	65219.119	14100	919589573.4
189	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19266.225	5711.816	39626	64604.042	14100	910916988.5
190	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19266.225	5711.816	39626	64604.042	14100	910916988.5
191	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19266.225	5711.816	39626	64604.042	14100	910916988.5
192	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	19266.225	5711.816	39626	64604.042	14100	910916988.5
253	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	15578.964	5690.660	39626	60895.624	14100	858628305.3
254	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	15578.964	5690.660	39626	60895.624	14100	858628305.3
255	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	15578.964	5690.660	39626	60895.624	14100	858628305.3
256	2	3400	6800	2	2168	4336	39626	15578.964	5690.660	39626	60895.624	14100	858628305.3

No	Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah					Total Harga Kapal Akhir			
	Jasa Pembangunan Kapal (Rupiah)	Biaya Inflasi (Rupiah)	Biaya Pajak Pemerintah (Rupiah)		Total Biaya Koreksi	Total Biaya Pembangunan	Total Biaya Koreksi	Total Harga Kapal	
	10% dari biaya pembangunan awal	5% dari biaya pembangunan awal	15% PPH	10% PPN	Keadaan Ekonomi Rupiah)	Awal (Rupiah)	Keadaan Ekonomi Rupiah)		
140	98013555.53	49006777.77	147020333.3	98013555.53	392054222.1	98013555.3	392054222.1	1372189777	
141	96954106.8	48477053.4	145431160.2	96954106.8	387816427.2	969541068	387816427.2	1357357495	
142	96954106.8	48477053.4	145431160.2	96954106.8	387816427.2	969541068	387816427.2	1357357495	
143	96954106.8	48477053.4	145431160.2	96954106.8	387816427.2	969541068	387816427.2	1357357495	
144	96954106.8	48477053.4	145431160.2	96954106.8	387816427.2	969541068	387816427.2	1357357495	
145	97975538.69	48987769.34	146963308	97975538.69	391902154.8	979755386.9	391902154.8	1371657542	
146	97975538.69	48987769.34	146963308	97975538.69	391902154.8	979755386.9	391902154.8	1371657542	
147	97975538.69	48987769.34	146963308	97975538.69	391902154.8	979755386.9	391902154.8	1371657542	
148	97975538.69	48987769.34	146963308	97975538.69	391902154.8	979755386.9	391902154.8	1371657542	
149	96845547.68	48422773.84	145268321.5	96845547.68	387382190.7	968455476.8	387382190.7	1355837667	
150	96845547.68	48422773.84	145268321.5	96845547.68	387382190.7	968455476.8	387382190.7	1355837667	
151	96845547.68	48422773.84	145268321.5	96845547.68	387382190.7	968455476.8	387382190.7	1355837667	
152	96845547.68	48422773.84	145268321.5	96845547.68	387382190.7	968455476.8	387382190.7	1355837667	
153	95789341.1	47894670.55	143684011.6	95789341.1	383157364.4	957893411	383157364.4	1341050775	
154	95789341.1	47894670.55	143684011.6	95789341.1	383157364.4	957893411	383157364.4	1341050775	
155	95789341.1	47894670.55	143684011.6	95789341.1	383157364.4	957893411	383157364.4	1341050775	
156	95789341.1	47894670.55	143684011.6	95789341.1	383157364.4	957893411	383157364.4	1341050775	
157	94800495.29	47400247.64	142200742.9	94800495.29	379201981.2	948004952.9	379201981.2	1327206934	
158	94800495.29	47400247.64	142200742.9	94800495.29	379201981.2	948004952.9	379201981.2	1327206934	
159	94800495.29	47400247.64	142200742.9	94800495.29	379201981.2	948004952.9	379201981.2	1327206934	
160	94800495.29	47400247.64	142200742.9	94800495.29	379201981.2	948004952.9	379201981.2	1327206934	
161	95824864.91	47912432.46	143737297.4	95824864.91	383299459.7	958248649.1	383299459.7	1341548109	
162	95824864.91	47912432.46	143737297.4	95824864.91	383299459.7	958248649.1	383299459.7	1341548109	
163	95824864.91	47912432.46	143737297.4	95824864.91	383299459.7	958248649.1	383299459.7	1341548109	
164	95824864.91	47912432.46	143737297.4	95824864.91	383299459.7	958248649.1	383299459.7	1341548109	
165	94767771.05	47383885.53	142151656.6	94767771.05	379071084.2	947677710.5	379071084.2	1326748795	
166	94767771.05	47383885.53	142151656.6	94767771.05	379071084.2	947677710.5	379071084.2	1326748795	
167	94767771.05	47383885.53	142151656.6	94767771.05	379071084.2	947677710.5	379071084.2	1326748795	
168	94767771.05	47383885.53	142151656.6	94767771.05	379071084.2	947677710.5	379071084.2	1326748795	
169	93779701.7	46889850.85	140669552.5	93779701.7	375118806.8	937797017	375118806.8	1312915824	
170	93779701.7	46889850.85	140669552.5	93779701.7	375118806.8	937797017	375118806.8	1312915824	
171	93779701.7	46889850.85	140669552.5	93779701.7	375118806.8	937797017	375118806.8	1312915824	
172	93779701.7	46889850.85	140669552.5	93779701.7	375118806.8	937797017	375118806.8	1312915824	
173	92854647.59	46427323.79	139281971.4	92854647.59	371418590.3	928546475.9	371418590.3	1299965066	
174	92854647.59	46427323.79	139281971.4	92854647.59	371418590.3	928546475.9	371418590.3	1299965066	
175	92854647.59	46427323.79	139281971.4	92854647.59	371418590.3	928546475.9	371418590.3	1299965066	
176	92854647.59	46427323.79	139281971.4	92854647.59	371418590.3	928546475.9	371418590.3	1299965066	
177	93876342.63	46938171.31	140814513.9	93876342.63	375505370.5	938763426.3	375505370.5	1314268797	
178	93876342.63	46938171.31	140814513.9	93876342.63	375505370.5	938763426.3	375505370.5	1314268797	
179	93876342.63	46938171.31	140814513.9	93876342.63	375505370.5	938763426.3	375505370.5	1314268797	
180	93876342.63	46938171.31	140814513.9	93876342.63	375505370.5	938763426.3	375505370.5	1314268797	
181	92885293.99	46442646.99	139327941	92885293.99	371541176	928852939.9	371541176	1300394116	
182	92885293.99	46442646.99	139327941	92885293.99	371541176	928852939.9	371541176	1300394116	
183	92885293.99	46442646.99	139327941	92885293.99	371541176	928852939.9	371541176	1300394116	
184	92885293.99	46442646.99	139327941	92885293.99	371541176	928852939.9	371541176	1300394116	
185	91958957.34	45979478.67	137938436	91958957.34	367835829.3	919589573.4	367835829.3	1287425403	
186	91958957.34	45979478.67	137938436	91958957.34	367835829.3	919589573.4	367835829.3	1287425403	
187	91958957.34	45979478.67	137938436	91958957.34	367835829.3	919589573.4	367835829.3	1287425403	
188	91958957.34	45979478.67	137938436	91958957.34	367835829.3	919589573.4	367835829.3	1287425403	
189	91091698.85	45545849.43	136637548.3	91091698.85	364366795.4	910916988.5	364366795.4	1275283784	
190	91091698.85	45545849.43	136637548.3	91091698.85	364366795.4	910916988.5	364366795.4	1275283784	
191	91091698.85	45545849.43	136637548.3	91091698.85	364366795.4	910916988.5	364366795.4	1275283784	
192	91091698.85	45545849.43	136637548.3	91091698.85	364366795.4	910916988.5	364366795.4	1275283784	
253	85862830.53	42931415.26	128794245.8	85862830.53	343451322.1	858628305.3	343451322.1	1202079627	DIPILIH
254	85862830.53	42931415.26	128794245.8	85862830.53	343451322.1	858628305.3	343451322.1	1202079627	
255	85862830.53	42931415.26	128794245.8	85862830.53	343451322.1	858628305.3	343451322.1	1202079627	
256	85862830.53	42931415.26	128794245.8	85862830.53	343451322.1	858628305.3	343451322.1	1202079627	

Output Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

Loa	=	9.6 m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
Lwl	=	9.2 m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
B	=	6 m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
B ₁	=	1.30 m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
H	=	1.73 m	(didapatkan dari hasil optimasi)
T	=	0.70 m	(didapatkan dari hasil maxurf)
S	=	4.610 m	
V _{max}	=	5.0 knot	= 2.6 m/s
V _s	=	4.0 knot	= 2.1 m/s
g	=	9.81 m/s ²	
payload	=	4	

Batasan Perbandingan Ukuran Utama

L/B ₁	=	7.08	; Insel & Molland (1992)	→	5.9 < L/B ₁ < 11.1
L/H	=	5.32	; Insel & Molland (1992)	→	5.9 < L/H < 11.1
B/H	=	3.416	; Insel & Molland (1992)	→	0.7 < B/H < 4.1
S/L	=	0.501	; Insel & Molland (1992)	→	0.19 < S/L < 0.51
S/B ₁	=	3.546	; Insel & Molland (1992)	→	0.9 < S/B < 4.1
B ₁ /T	=	1.857	; Insel & Molland (1992)	→	0.9 < B/T < 3.1
B ₁ /B	=	0.220	; Multi Hull Ships, hal. 61	→	0.15 < B ₁ /B < 0.3

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

1. Displacement

Dari artikel yang ditulis oleh Terho Harme,

Diperoleh total Displacement kapal katamaran:

$$\Delta = 19.32 \text{ ton (maxsurf)}$$

2. Volume Displasemen

$$\nabla_t = L.B.T.H$$

$$= 19.320 \text{ m}^3$$

volume displacement untuk 1 hull adalah

$$\nabla = 9.660 \text{ m}^3$$

3. Koefisien Blok

Ref: (Practical Evaluation Of Resistance Of High-Speed Catamaran Hull Forms- Part 1)

$$C_B = \nabla / (L.B.T)$$

$$= 0.500 \text{ (maxsurf)}$$

4. Perhitungan Froude Number

Ref: (PNA vol2 hal 54)

$$Fr = V_s / \sqrt{g.L_{wl}}$$

$$= 0.218$$

5. Koefisien Luas Midship

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html

$$C_M = A_M / (T.B_M)$$

$$C_M = 0.527 \text{ (maxsurf)}$$

6. Koefisien Prismatic

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html

$$C_p = \nabla / (A_s.L_{wl})$$

(luas station terluas setinggi sarat)

$$= 0.946 \text{ (Maxsurf)}$$

7. Koefisien Bidang Garis Air

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html

$$C_{WP} = A_{WP} / (B_{WL}.L_{WL})$$

$$C_{WP} = 0.573 \text{ (Maxsurf)}$$

8. Panjang Garis Air

$$L_{pp} = L_{wl} = 9.200 \text{ m}$$

Perhitungan Hambatan

Ukuran Utama

L_{wl}	=	9.200 m
L_{pp}	=	9.200 m
B	=	6 m
B_l	=	1.300 m
H	=	1.730 m
T	=	0.700 m
S	=	4.610 m
C_B	=	0.500
C_M	=	0.527
C_P	=	0.946
C_{WP}	=	0.573
Fr	=	0.218
V_{max}	=	2.6 m/s
V_s	=	2.058 m/s

Dari Paper M. Insel, Ph.D dan A.F. Molland, M.Sc. Ph.D.,C.Eng. Didapat rumus tahanan total untuk katamaran adalah sbb :

$$R_t = 0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times 2 C_{tot} \quad N$$

Dimana

ρ	=	massa jenis fluida	=	1000	kg/m ³
WSA	=	luas permukaan basah			
V	=	kecepatan kapal	=	2.572	m/s
C_{tot}	=	koefisien hambatan total			

$$C_{tot} = (1+\beta k) \cdot C_f + \tau \cdot C_w$$

Dimana

$(1+\beta k)$	=	Catamaran Viscous Resistance Interference
C_f	=	Viscous Resistance
τ	=	Catamaran Wave Resistance Interference
C_w	=	Wave Resistance

Perhitungan

1. Viscous Resistance (ITTC 1957)

● C_F

$$R_n = \frac{L_{wl} \cdot V_s}{v} = (LWL \cdot VS) / (1.18831 \cdot [10]^{(-6)})$$

$$= 15930119.24$$

$$v = \text{Viskositas Kinematis}$$

$$C_F = 0.075 / ([\log R_n - 2])^2$$

$$= 0.002771$$

⊙ $1+\beta k_1$ (Catamaran Viscous Resistance Interference)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga $(1+\beta k)$ dapat ditentukan dari interpolasi harga β dan $(1+k)$ dari model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$S/B1 = 3.5$$

$$L/B1 = 7.1$$

(variation of viscous interference factor with S/B1 from insel - molland)

		S/B1				
		1	2	3	4	5
β		1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
		1.6	1.57	1.54	1.52	1.5
		2.35	2.32	2.29	2.27	2.25
		L/B1				
		7				
		9				
		11				

		S/B1		
		3	4	3.5
β		1.32	1.32	1.32
		1.54	1.52	1.529082

untuk harga L/B1 = 7
untuk harga L/B1 = 9

		L/B1		
		7	9	7.1
β		1.32	1.529082	1.3280416

Sehingga nilai β yang diambil adalah = 1.328

Sedangkan untuk harga faktor bentuk monohull dengan $(1+k)$ didapat dari interpolasi sebagai berikut :

(table II derived from factors for the models in monohull configuration)

Model	C3	C4	
L/B1	7	9	7.1
$(1+k)$	1.45	1.3	1.4442308

Sehingga nilai $(1+k)$ yang diambil adalah = 1.444

$$\begin{aligned} \text{maka: } (1+\beta k) &= (\beta \times (1+k)) - \beta + 1 \\ (1+\beta k) &= 1.590 \end{aligned}$$

2. Catamaran Wave Resistance Interference (τ)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga (τ) dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$S/L = 0.50$$

$$L/B1 = 7.1$$

$$Fr = 0.218$$

(wave resistance interference factor)					
$(S/L)_1 = 0.2$			$(S/L)_2 = 0.3$		
Fr			Fr		
	0.2	0.3	0.2	0.3	L/B1
τ	0.85	1.18	1.25	1.4	7
	0.68	1	0.85	1	9

		(S/L) ₁ = 0.2			(S/L) ₂ = 0.3		
		Fn			Fn		
		0.2	0.3	0.218	0.2	0.3	0.218
τ		0.85	1.18	0.910	1.25	1.4	1.277
		0.68	1	0.738	0.85	1	0.877

Fn	0.218	0.218	0.218
S/L	0.2	0.3	0.501
τ	0.910	1.277	2.016
	0.738	0.877	1.157

untuk harga L/B1 = 7
untuk harga L/B1 = 9

Fn	0.218	0.218	0.218
S/L	0.501	0.501	0.501
L/B1	7	9	7.077
τ	2.016	1.157	1.983

Sehingga nilai τ yang diambil adalah = 1.983

3. Wave Resistance (C_w)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga (C_w) dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$L/B1 = 7.077$$

$$Fn = 0.218$$

(wave resistance factor)			
Fn			L/B1
	0.2	0.3	
C_w	0.0012	0.0023	7
	0.0008	0.0020	9

Fn			
	0.2	0.3	0.218
C_w	0.0012	0.0023	0.0014
	0.0008	0.0020	0.0010

untuk harga L/B1 = 7
untuk harga L/B1 = 9

Fn	0.218	0.218	0.218
L/B1	7	9	7.0769
C_w	0.0014	0.0010	0.0014

Sehingga nilai C_w yang diambil adalah = 0.0014

$$C_{tot} = (1 + \beta k) * C_f + \tau * C_w$$

$$C_{tot} = 0.0071$$

$$WSA = (\tilde{N}/B_1) ((1.7/(C_b - (0.2(C_b - 0.65)))) + (B_1/T)) \quad m^2$$

(Ref: Practical Evaluation of Resistance of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part I)

Wetted Surface Area:

$$S = 1.7LT + \frac{V}{T} m^2 \text{ as per Mumford}$$

$$S = \frac{V}{B} \left[\frac{1.7}{C_B - 0.2(C_B - 0.65)} + \frac{B}{T} \right] m^2$$

$$WSA = 37.6345 \, m^2 \quad \text{untuk satu lambung}$$

Karena katamaran memiliki 2 lambung, maka WSA-nya adalah

$$WSA_{\text{total}} = 75.2691 \, m^2$$

$$R_t = 0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times C_{tot}$$

$$R_t = 1779.759 \, N$$

$$R_t = 1.77976 \, KN$$

Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Input Data

L_{WL}	=	9.200	m
T	=	0.700	m
B	=	6	m
C_B	=	0.500	
V_{max}	=	2.6	m/s
V_s	=	2.058	m/s
R_t	=	1.780	kN
LCB	=	-0.242	m dari midship (dari model di maxsurf)

Perhitungan Awal

Effective Horse Power (EHP)

$$EHP = R_t \cdot V_{dinas} \quad (\text{ref: PNA vol.II, hal.153})$$

$$= 3.662 \, kW \quad 1 \, HP = 0.736 \, kW$$

$$= 4.98 \, HP$$

$$\eta_D = ITTC \quad (\text{ref: Ship design and performance for master and mates})$$

$$= 0.925$$

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$1 \, HP = 0.7355 \, kW$$

$$BHP = (EHP + 18\% EHP) / \eta_D$$

$$BHP = 6.35 \, Hp \quad \text{untuk dua paddle wheel}$$

$$= 4.67 \, kW$$

Kebutuhan Mesin Utama

$$\text{Engine Power} = 3.18 \, Hp \quad \text{untuk satu paddle wheel}$$

$$= 2.34 \, Kw$$

No	Komponen	Variabel	Nilai	Formula
1	Effective Horse Power	EHP	3.662	$R_t \cdot V$
2	Quasi-Propulsive Coefficient	η_D	0.925	ITTC
3	Break Horse Power	BHP	2.336	$DHP + (X\%DHP)$

Kebutuhan Mesin Utama

<i>Engine Power</i>	=	2.34	kW
	=	3.18	HP

Sehingga digunakan mesin dengan daya yang mendekati yaitu sebagai berikut:

Model Mesin	=	Mesin <i>DC Lenze MGFRK 132-22</i>		
Daya	=	2.70	kW	
	=	3.7	HP	1 HP = 0.7355 kW
Berat	=	84	kg	1 lbs = 0.453 kg
	=	0.084	ton	

Pemilihan baterai untuk penggerak mesin

karakteristik mesin	Merk	Lenze	
	Tipe	MGFRK 112-22	
	Daya	3.7	HP
	Power	2.7	kW
	Berat	84	Kg
	Arus Max	38	Ampere

sehingga dipilih untuk 1 baterai

	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Capacity</i>	4.4	kW
<i>Voltage</i>	36	Volt
<i>Current</i>	70	Ah
<i>Weight</i>	100	kg

Karena motor listrik yang digunakan ada 2 unit, maka baterainya juga dua. Sebab, satu baterai tipe *Elco E-Power Electric Performance* didesain untuk satu motor listrik.

2 x Elco E-Power Electric Performance

	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Capacity</i>	8.8	Wh
<i>Voltage</i>	72	Volt
<i>Current</i>	140	Ah
<i>Weight</i>	200	kg

Perhitungan Kebutuhan Daya Genset untuk Peralatan

1. Perhitungan Daya untuk Conveyor

Conveyor yang digunakan merupakan **Conveyor Modules** dengan jenis **Interroll Belt Conveyor**

a. Untuk *Loading Conveyor* menggunakan **tipe BM 8444**

Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 3 kW untuk menggerakkan motor

b. Untuk *Storage Conveyor* dan *Offloading Conveyor* menggunakan **tipe BM 8420**

Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 1.1 kW untuk menggerakkan motor

Pemilihan Generator Set conveyor belt

Daya Loading Conveyor	3	kW
Daya Storage Conveyor	1.1	kW
Daya Offloading Conveyor	1.1	kW

2. Perhitungan Daya untuk Winch

a. Perhitungan beban pada winch

$$T_b = (P+Q)/(\eta p.K)$$

$$= 0.75 \quad \text{kN}$$

b. Diameter winch barrel

$$D_{bd} = D_b + d_r(2z-1)$$

$$= 0.4 + 0.0235 \cdot (2 \cdot 2 - 1)$$

$$= 0.471 \quad \text{m}$$

c. Torsi yang diterima shaft barrel

$$M_{bd} = 0.5 \cdot D_{bd} \cdot (T_b/b)$$

$$= 0.221 \quad \text{ton.m}$$

d. Overall gearing ratio

$$\begin{aligned} \text{Nbd} &= 19.1(\text{Vtd/Dbd}) \\ &= 12.179 \\ \text{Iwd} &= \text{Nm/Nbd} \\ &= 98.534 \end{aligned}$$

e. Torsi motor penggerak

$$\begin{aligned} \text{Mmd} &= \text{Mbd} + (\text{Iwd} + \text{wd}) \\ &= 99.455 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

f. Daya yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{Ne} &= \text{Mmd}(\text{Nm}/71620) \\ &= 1.666 \text{ HP} \\ &= 1.226 \text{ kW} \\ &= 2.451 \text{ kW} \end{aligned}$$

**Total daya peralatan
(winch dan conveyor) = 7.65 kW**

Pemilihan Generator untuk Mesin dan Peralatan

Model	=	Elco		
Daya yang dibutuhkan peralatan	=	7.65	kW	20.38 Hp
Daya yang dibutuhkan mesin	=	2.70	kW	3.18 Hp
total daya yang diperlukan	=	10.35	kW	23.55 Hp
Daya yang dipilih	=	18	kW	47.94 Hp
Mass	=	100	kg	
	=	0.100	ton	

Total Berat Permesinan

1. Untuk 2 Mesin Induk	=	168	kg
2. Untuk 2 baterai	=	200	kg
3. Untuk 2 buah Genset	=	200	kg
Total	=	568	kg
	=	0.568	ton

Kebutuhan Fuel Oil

1. Main Engine			
lama pelayaran	=	6	jam
total konsumsi bahan bakar	=	0.0246	Ton/6jam satu mesin
	=	0.0593	Ton/6jam dua mesin
2. untuk Generator	=	0.0491	Ton/6jam dua genset
Jadi Total FO	=	0.108	Ton/6jam

Pemilihan Mesin Induk

Penentuan Motor Listrik

BHP = 2.34 kW = 3.18 HP

Terdapat dua jenis motor listrik, yakni *inboard* dan *outboard*. Hal-hal yang harus diperhatikan untuk memilih salah satu dari dua jenis motor listrik tersebut ialah :

1. Pengaruh berat motor listrik terhadap sarat kapal, dari hasil riset sebelumnya motor listrik *inboard* lebih berat.
2. Dimensi dari motor listrik apakah sesuai dengan kapasitas ruangan yang tersedia. Motor listrik *outboard* tidak perlu ruangan khusus.
3. Harga dari motor listrik. Motor listrik *inboard* lebih murah
4. Instalasi motor listrik. Instalasi motor listrik *inboard* lebih rumit
5. Rencana jangka panjang dalam hal perawatan dari motor listrik. Perawatan motor listrik *inboard* lebih rumit dan memerlukan pengedokan.

Untuk motor listrik jenis *inboard* dengan kapasitas 3.5 kW saja, membutuhkan ruangan minimal 1x1 m². Sedangkan untuk motor listrik dengan daya sekitar 2.11 kW setidaknya membutuhkan kapasitas ruangan lebih kecil. Di samping itu, masih harus disediakan ruang kosong lebih untuk instalasi komponen lain motor listrik *inboard* yang belum jadi satu dengan motor utama. Di sisi lain, pada umumnya kapal-kapal kecil yang sudah ada menggunakan motor *outboard*.

Sehingga, berdasarkan beberapa alasan tersebut, motor listrik yang dipilih untuk tahap awal ini ialah jenis ***inboard karena kapal ini direncanakan menggunakan sistem Paddle Wheel***.

List Motor Listrik Inboard

No	Vendor	Tipe	Daya (HP)	Voltage (V)	Berat (kg)	Input Power (W)
1	Torqueedo	Cruise 2.0 R	5	24	16	2000
2	Torqueedo	Twin Cruise 2.0 R	10	24	31	4000
3	Torqueedo	Cruise 4.0 R	8	48	15	4000
4	Elco	Elco EP-6	3	12	77	4400
5	Lenze	MGFRK 100-22	4.2	46	28	4500
6	Lenze	MGFRK 132-22	3.7	18	40	4500
7	Aqua Watt	Green Racing AB 22 R & T	7.0	80	63	-
8	Golden Motor	HPM5000B	10.9	24	11	-

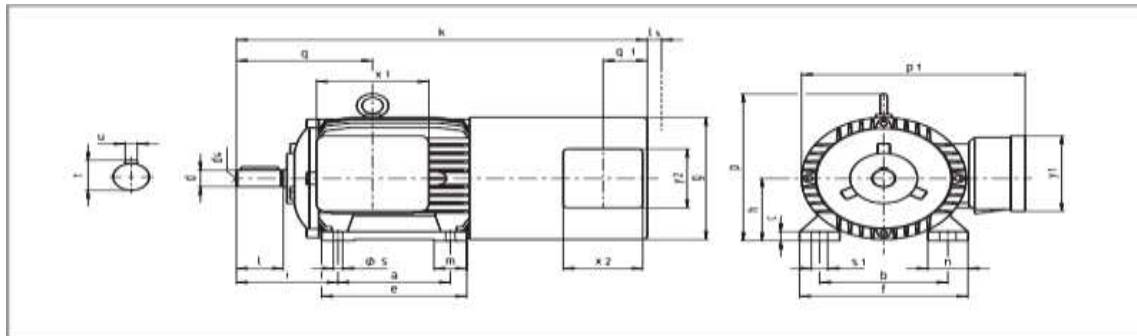
Sehingga motor listrik yang dipilih ialah Lenze MGFRK 132-22 dengan mempertimbangkan daya yang dihasilkan.

MGFRK 132-22

Technical data

Data refers to: - Form factor - Enclosure - Cooling (forced ventilation) - Continuous operation - Insulation class	F ₁ = 1.05 IP 54 IC 0541 S1 F
Total weight Inertia	m = 84 kg J = 0.0411 kgm ²
Field excitation	U _f = 210 V I _f = 1.1 A U _f = 360 V I _f = 0.6 A
A-side bearing B-side bearing	6308-2RSR-C3 6208-2RSR-C3
Carbon brushes	a) 10 x 16 x 20 b) 10 x 12.5 x 20
Permissible shaft load for L/2 and n _N - reinforced bearing	F _r = 2200 N F _a = 1100 N F _{tr} = 4500 N
Fan variant	220-240 V, 50-60 Hz, 0.55 A 380-460 V, 50-60 Hz, 0.22 A
Cooling variant	IC 0641/0741
Cooling air volume Pressure drop	220 m ³ /h 63 Pa

P kW	Speed n at voltage min ⁻¹			n _p min ⁻¹	n _{Mach} min ⁻¹	M Nm	I _{AN} A	I _{Amac} A	L _A mH	R _s 125° Ω	Carbon brushes	
	280 V	420 V	460 V								Quantity	Variant
1.6	540	—	—	1600	4000	29.2	7.7	24	70.0	7.28	4	a
2.7	—	880	—	2650	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
3.0	—	—	1000	3000	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
3.1	930	—	—	2800	4000	31.5	13.5	40	27.3	2.82	4	a
4.9	—	1450	—	4000	4000	31.3	13.5	40	27.3	2.82	4	a
5.4	—	—	1600	4000	4000	31.2	13.5	40	27.3	2.82	4	a
4.0	1200	—	—	3600	4000	32.3	17.1	52	17.5	1.79	4	a
6.3	—	1900	—	4000	4000	32.0	17.1	52	17.5	1.79	4	a
6.9	—	—	2050	4000	4000	31.9	17.1	52	17.5	1.79	4	a
5.0	1450	—	—	4000	4000	32.5	20.7	62	13.9	1.23	4	a
7.7	—	2300	—	4000	4000	32.4	20.7	62	13.9	1.23	4	a
8.4	—	—	2500	4000	4000	31.9	20.7	62	13.9	1.23	4	a
6.2	1850	—	—	4000	4000	32.0	25.5	78	7.6	0.789	4	a
9.6	—	2900	—	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a
10.6	—	—	3200	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a



R.H.S. terminal box position (standard)
L.H.S. terminal box position possible (from MGFRK 132)
Shaft end to DIN 748T3
Key to DIN 6885, sheet 1
Dimensions to DIN (a, b, c,...), IEC (B, A, HA,...)
Is = service clearance

Motor type	a B	b A	c HA	e BB	f AB	h H	i =	m BA	n AA	p =	p ₁ =	q =	s ₁ =	y ₁ =	s K	s ₁ =
MGFRK 090-22	125	140	13	155	180	90	106	25	43	—	241	146	120	110	10	18
MGFRK 100-22	140	160	14	175	200	100	123	37.5	48	—	256	162	120	110	11	21
MGFRK 112-22	140	190	14	175	235	112	130	37.5	56	267	282	160	120	110	11	21
MGFRK 132-22	178	216	16	218	260	132	169	40	55	306	332	258	170	170	12	22
MGFRK 160-32	254	254	22	304	318	160	218	58	70	360	385	345	170	170	14	23

Sumber : http://www.Lenze.com/Catalog_DC_1Motor.html

Merk	Lenze	
Tipe	MGFRK 132-22	
Daya	3.7	HP
Power	2.7	kW
Berat	84	Kg
Arus Max	38	Ampere

Pemilihan Baterai

Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik. Untuk motor listrik Lenze MGFRK 132-22, baterai yang sesuai dengan karakteristik motor listrik tersebut telah disediakan yakni baterai tipe Elco E-Power Electric Performance



E-POWER ELECTRIC PERFORMANCE

Cruising speed*	4 - 5,5 knots
Cruising time*	9 - 4 hours
Cruising range*	39 - 21 nm
Recharging time standard charger*	3 - 4 hours
Recharging time quick charger*	2 - 3 hours
Number of 12 volt B-D batteries (245 Ah)	3 batteries
Battery bank voltage in total	36 vdc
Amps (maximum)	70 amps
Kilowatts (peak output kW rating)	4.4 kW
Kilowatts (continuous output kW rating)	2.5 kW
Charger	Elcon PFC 1500
Quick charger (optional)	Elcon PFC 2000

Sumber : http://www.ELCO/GB/elektro_aussenbordmotoren_14_GB.html


	Value	Unit
Capacity	4.4	kW
Voltage	36	Volt
Current	70	A
Weight	100	kg

Karena motor listrik yang digunakan ada 2 unit, maka baterainya juga dua. Sebab, satu baterai tipe Elco E-Power Electric Performance didesain untuk satu motor listrik.


2 x Elco E-Power Electric Performance

	Value	Unit
Capacity	8.8	kW
Voltage	72	Volt
Current	140	A
Weight	200	kg

Penentuan Generator



C2.2 3054



RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

Gen Set		asp.	rpm	U.S. gph	L/h	
ekW @.8pf	kV•A					
60 Hertz	21.0	26.0	NA	1800	1.63	6.2
50 Hertz	17.5	22.0	NA	1500	1.37	5.2

Gen Set		asp.	rpm	U.S. gph	L/h	
ekW @1.0pf	kV•A					
60 Hertz	21.5	21.5	NA	1800	1.63	6.2
50 Hertz	18.0	18.0	NA	1500	1.37	5.2

Fuel use reflects SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Caterpillar representative for details.



RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

Gen Set		asp.	rpm	U.S. gph	L/h	
ekW @.8pf	kV•A					
60 Hertz	40	50	NA	1800	3.3	12.5
50 Hertz	72	90	T	1800	5.2	20.3
	34	43	NA	1500	2.7	10.4
	60	75	T	1500	4.5	17.3

Gen Set		asp.	rpm	U.S. gph	L/h	
ekW @1.0pf	kV•A					
60 Hertz	37	37	NA	1800	3.3	12.5
50 Hertz	32	32	NA	1500	2.7	10.4



Fuel use reflects SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Caterpillar representative for details.

	L in/mm	H in/mm	WE in/mm
Open Set	45/1147	32/825	20.5/521
Enclosed Set	46/1170	32/825	24/608

In-Line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel
 Bore x Stroke 3.31 x 3.94 in
 Displacement 135 cu in
 Rotation (from flywheel end) Counterclockwise
 Generator set weight (approx) 857/1027 lb
 389/466 kg

	LE in/mm	LG in/mm	H in/mm	WE in/mm
min.	NA	54.9/1394	46.7/1186	28.9/735
max.	NA	54.9/1394	46.7/1186	28.9/735

In-Line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel
 Bore x Stroke 3.94 x 5.0 in
 Displacement 243 cu in
 Rotation (from flywheel end) Counterclockwise
 Generator set weight (approx) 1576-1587 lb
 715-720 kg

41

42

Daya motor listrik dan peralatan	=	23.6	HP	=	10.35	KW
Daya Generator dipilih	=	47.9	HP	=	18	KW
Merk Generator	=	cartepillar				
Daya	=	18.0	kw			
Berat	=	100	kg			
Konsumsi bahan bakar	=	5.2	liter/jam			
lama pelayaran	=	6	jam			
total konsumsi Bahan Bakar	=	0.005118	m ³ /jam			
		0.030709	m ³ /6jam			
ρ Solar	=	0.8	ton/m ³			
berat Bahan Bakar	=	0.004094	ton/jam			
untuk 6 jam	=	0.024567	ton/6jam			

Beban Pada Lambung

Ukuran utama *public catamaran boat*

L_{wl}	=	9,2	m	L konstruksi		
L_{pp}	=	9,2	m	L_{wl}	=	9.200 m
B	=	6	m	$0.96 L_{wl}$	=	8.83 m
T	=	0.7	m	$0.97 L_{wl}$	=	8.92 m
H	=	1.7	m	Yang diambil :		
C_B	=	0.5		L konstruksi =		8.92 m

Pelat Lunas Alas dan Bilga

Lebar pelat lunas tidak boleh kurang dari :

$$b = 800 + 5L$$

$$= 800 + 5 \cdot 8.92 = 844.6 \text{ mm}$$

Jadi : Lebar pelat lunas diambil = 1000 mm

Lebar pelat bilga diambil = 1000 mm

Wrang Pelat

Tinggi wrang pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = 55B - 45$$

$$= 280.032 \text{ mm}$$

Jadi : h yang diambil ialah : 300 mm

Basic external dynamic load (P_0)

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

dimana: $C_0 = ((L/25)+4.1) \times C_{RW}$; untuk $L < 90$ m

$$C_0 = 2.674$$

$$f = 1 \quad \text{untuk pelat kulit, geladak cuaca}$$

$$f = 0.75 \quad \text{untuk gading biasa, balok geladak}$$

$$f = 0.6 \quad \text{Untuk Gading Besar, Senta, Penumpu}$$

$$C_L = (L/90)^{1/2} ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$= 0.315$$

$$C_{RW} = 0.6 \quad ; \text{ sheltered shallow water service}$$

maka: $P_0 = 1.273 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca}$

$$P_0 = 0.955 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_0 = 0.764 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{untuk penumpu, gading besar}$$

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L$$

$$= 2.627 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Beban pelat pada sisi kapal (P_S)

Tabel 1

	Range	Factor C_D	Factor C_F
A	$0 \leq x/L < 0,2$	$1,2 - x/L$	$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$
	$x/L = 0.100$	$C_D = 1.100$	$C_F = 2.000$
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$	1	1
	$x/L = 0.450$	$C_D = 1$	$C_F = 1$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$	$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$
	$x/L = 0.850$	$c = 0,15. L - 10$ $C_D = 1.250$	$C_F = 1.900$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$P_0 = 1.273 \quad \text{kN/m}^2$$

untuk, $Z_1 = 0.400 \quad \text{m} \quad (\text{di bawah garis air})$

$$P_{S1} = 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

$$= 10 (0.7 - 0.400) + 1.273 \times 2.000 \times (1 + 0.400/0.7)$$

$$= 7.002 \quad \text{kN/m}^2$$

untuk, $Z_2 = 0.900$ m (di atas garis air)

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 1.273 \times 2.000 / (10 + 0.900 - 0.7) \\ &= 4.993 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

untuk, $Z_1 = 0.400$ m (di bawah garis air)

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (0.7 - 0.400) + 1.273 \times 1 \times (1 + 0.400/0.7) \\ &= 5.001 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $Z_2 = 0.900$ m (di atas garis air)

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 1.273 \times 1 / (10 + 0.900 - 0.7) \\ &= 2.496 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

daerah $0.7 \leq x/L \leq 1$ [F]

untuk, $z_1 = 0.400$ m (dibawah garis air)

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (0.7 - 0.400) + 1.273 \times 1.900 \times (1 + 0.400/0.7) \\ &= 6.801 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $z_2 = 0.900$ m (diatas garis air)

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 1.273 \times 1.900 / (10 + 0.900 - 0.7) \\ &= 4.743 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Rekapitulasi beban pada sisi kapal

A	7.002	kN/m ²
	4.993	kN/m ²
M	5.001	kN/m ²
	2.496	kN/m ²
F	6.801	kN/m ²
	4.743	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_s = 7.002 \text{ kN/m}^2$$

Beban pada dasar kapal (P_B)

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$\begin{aligned} P_B &= 10 \times 0.7 + 1.273 \times 2.000 \\ &= 9.546 \text{ kN/m}^2 \text{ pelat} \\ P_B &= 8.910 \text{ kN/m}^2 \text{ penegar} \\ P_B &= 8.528 \text{ kN/m}^2 \text{ penumpu} \end{aligned}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$\begin{aligned} P_B &= 10 \times 0.7 + 1.273 \times 1 \\ &= 9.627 \text{ kN/m}^2 \text{ pelat} \\ P_B &= 7.955 \text{ kN/m}^2 \text{ penegar} \\ P_B &= 7.764 \text{ kN/m}^2 \text{ penumpu} \end{aligned}$$

daerah $0.7 \leq x/L \leq 1$ [F]

$$\begin{aligned} P_B &= 10 \times 0.7 + 1.273 \times 1.900 \\ &= 11.992 \text{ kN/m}^2 \text{ pelat} \\ P_B &= 8.814 \text{ kN/m}^2 \text{ penegar} \\ P_B &= 8.451 \text{ kN/m}^2 \text{ penumpu} \end{aligned}$$

Rekapitulasi beban pada dasar kapal

A	9.546	kN/m ²
M	9.627	kN/m ²
F	11.992	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_B = 11.992 \text{ kN/m}^2$$

Perbandingan beban sisi (P_S) dengan beban dasar (P_B)

$$P_S = 7.002 \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_B = 11.992 \quad \text{kN/m}^2$$

diambil beban yang paling besar, maka beban maksimal pada hull

$$P = 11.992 \quad \text{kN/m}^2$$

Beban pada geladak cuaca (P_D)

$$P_D = (P_0 \times 20 \times T \times C_D) / ((10 + Z - T)H)$$

(Ref : BKI vol 2 section 4)

$$P_0 = 1.273 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_0 = 0.955 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_0 = 0.764 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penumpu, gading besar}$$

$$H = 1.730 \quad \text{m}$$

$$Z = 1.730 \quad \text{m}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$C_D = 1.100$$

$$P_D = (1.273 \times 20 \times 0.7 \times 1.100) / [(10 + 1.730 - 0.7) \times 1.730]$$

$$= 1.028 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_D = 0.771 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_D = 0.617 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penumpu, gading besar}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$C_D = 1$$

$$P_D = (1.273 \times 20 \times 0.7 \times 1) / [(10 + 1.730 - 0.7) \times 1.730]$$

$$= 0.934 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_D = 0.701 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_D = 0.560 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penumpu, gading besar}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$C_D = 1.250$$

$$P_D = (1.273 \times 20 \times 0.7 \times 1.250) / [(10 + 1.730 - 0.7) \times 1.730]$$

$$= 1.168 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_D = 0.876 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_D = 0.701 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penumpu, gading besar}$$

Rekapitulasi beban pada geladak cuaca

A	1.028	kN/m ²
M	0.934	kN/m ²
F	1.168	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_D = 1.168 \quad \text{kN/m}^2$$

Perhitungan Tebal Pelat

Ukuran utama *public catamaran boat*

Lwl	=	9.2	m	L konstruksi	
Lpp	=	9.2	m	Lwl	= 9.2 m
B	=	6	m	0.96 Lwl	= 8.83 m
T	=	0.7	m	0.97 Lwl	= 8.92 m
H	=	1.7	m	Yang diambil :	
C _B	=	0.5		L konstruksi =	8.92 m

Jarak Gading (a)

Jarak yang diukur dari pinggir mal ke pinggir mal gading.

$$\begin{aligned}
 L_{\text{kons}} &= 8.92 \text{ m} \\
 a_0 &= L/500 + 0.48 \text{ m} \quad (\text{Ref: BKI 98}) \\
 &= (8.92 / 500) + 0.48 \\
 &= 0.50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

diambil :	a=	0.51 m	aft
	a=	0.61 m	m
	a=	0.61 m	f

Tebal Pelat Minimum

$$\begin{aligned}
 t_{\min} &= (1.5 - 0.01 \cdot L) \cdot (L \cdot k)^{1/2} ; \text{ untuk } L < 50 \text{ m} \\
 &= (1.5 - 0.01 \times 8.92) \times (8.92 \times 1)^{1/2} \\
 &= 4.214 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm} \\
 t_{\max} &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal Pelat Alas

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{B1} = 1.9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L di belakang AP dan 0.05 L di depan FP minimal :

$$t_{B2} = 1.21 \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

$$n_f = 1$$

Untuk Konstruksi melintang

$$n_f = 0.83$$

Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

$$a = 0.51 \text{ m} \quad \text{aft}$$

$$a = 0.61 \text{ m} \quad \text{m}$$

$$a = 0.61 \text{ m} \quad \text{f}$$

$$t_K = 1.5 \quad \text{untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0.1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0.5 \quad \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L

$$P_B = 9.546 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.51 \times \text{SQRT}(9.546 \times 1) + t_K$$

$$= 2.994 + t_K$$

$$= 2.994 + 1.5$$

$$= 4.494 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 1.21 \times 0.51 \times \text{SQRT}(9.546 \times 1) + t_K$$

$$= 1.907 + t_K$$

$$= 1.907 + 1.5$$

$$= 3.407 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 6 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L

$$P_B = 9.627 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.61 \times \text{SQRT}(9.546 \times 1) + t_K$$

$$= 3.596 + t_K$$

$$= 3.596 + 1.5$$

$$= 5.096 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 6 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L

$$P_B = 11.992 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.61 \times \text{SQRT}(11.992 \times 1) + t_K$$

$$= 4.014 + t_K$$

$$= 4.014 + 1.5$$

$$= 5.514 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 1.21 \times 0.61 \times \text{SQRT}(11.992 \times 1) + t_K$$

$$= 2.556 + t_K$$

$$= 2.556 + 1.5$$

$$= 4.056 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$t = 6 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat alas :

A	6	mm
M	6	mm
F	6	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka

$$t \text{ alas} = 6 \text{ mm}$$

Tebal Pelat Sisi

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_s \cdot k)^{1/2} + t_K ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L dibelakang AP dan 0.05 L didepan FP minimal :

$$t_{s2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_s \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

$$n_f = 1$$

Untuk Konstruksi melintang

$$n_f = 0.83$$

Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

$$a = 0.51 \text{ m} \quad \text{aft}$$

$$a = 0.61 \text{ m} \quad \text{m}$$

$$a = 0.61 \text{ m} \quad \text{f}$$

$$t_K = 1.5 \quad \text{untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5 \quad \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L

$$P_{s1} = 7.002 \text{ kN/m}^2$$

di bawah garis air

$$t_{s1} = 1.9 \times 1 \times 0.51 \times \text{SQRT}(7.002 \times 1) + t_K$$

$$= 2.564 + t_K$$

$$= 2.564 + 1.5$$

$$= 4.064 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

$$t_{s2} = 1.21 \times 0.51 \times \text{SQRT}(7.002 \times 1) + t_K$$

$$= 1.633 + t_K$$

$$= 1.633 + 1.5$$

$$= 3.133 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

$$P_{S2} = 4.993$$

di atas garis air

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.51 \times \text{SQRT}(4.993 \times 1)$$

$$= 2.165 + t_K$$

$$= 3.665 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 0.51 \times \text{SQRT}(4.993 \times 1) + t_K$$

$$= 1.379 + t_K$$

$$= 2.879 \quad \gg \quad 3 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 5 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L

$$P_{S1} = 5.001 \text{ kN/m}^2$$

di bawah garis air

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.61 \times \text{SQRT}(5.001 \times 1) + t_K$$

$$= 2.592 + t_K$$

$$= 2.592 + 1.5$$

$$= 4.092 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

$$P_{S2} = 2.496 \text{ kN/m}^2$$

di atas garis air

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.61 \times \text{SQRT}(2.496 \times 1) + t_K$$

$$= 1.831 + t_K$$

$$= 1.831 + 1.5$$

$$= 3.331 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 5 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L

$$P_{S1} = 6.801 \text{ kN/m}^2$$

di bawah garis air

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.61 \times \text{SQRT}(6.801 \times 1) + t_K$$

$$= 3.023 + t_K$$

$$= 3.023 + 1.5$$

$$= 4.523 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 0.61 \times \text{SQRT}(6.801 \times 1) + t_K$$

$$= 1.925 + t_K$$

$$= 1.925 + 1.5$$

$$= 3.425 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

$$P_{S2} = 4.743 \text{ kN/m}^2$$

di atas garis air

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.61 \times \text{SQRT}(4.743 \times 1) + t_K$$

$$= 2.524 + t_K$$

$$= 2.524 + 1.5$$

$$= 4.157 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 0.61 \times \text{SQRT}(4.743 \times 1) + t_K$$

$$= 1.608 + t_K$$

$$= 2.556 + 1.5$$

$$= 3.108 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$t = 5 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat sisi :

A	5	mm
M	5	mm
F	5	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka

$$t \text{ sisi} = 5 \text{ mm}$$

Tebal Pelat Geladak

Tebal pelat geladak ditentukan dari nilai terbesar dari formula berikut:

$$t_D = 1,21 \cdot a \cdot (P_D \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

k = 1

a = jarak gading

a = 0.51 m aft

a = 0.61 m m

a = 0.61 m f

$t_K = 1.5$ untuk $t' < 10$ mm

$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5$ untuk $t' > 10$ mm (max 3 mm)

L = 8.924 m

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L

$P_D = 1.028$ kN/m²

$$t_{D1} = 1.21 \times 0.5 \times \text{SQRT}(1.028 \times 1) + t_K$$

$$= 0.626 + t_K$$

$$= 0.626 + 1.5$$

$$= 2.126 \text{ mm} \gg 3 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 3 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L

$P_D = 0.934$ kN/m²

$$t_{D1} = 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(0.934 \times 1) + t_K$$

$$= 0.713 + t_K$$

$$= 0.713 + 1.5$$

$$= 2.213 \text{ mm} \gg 3 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 3 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L

$P_D = 1.168$ kN/m²

$$t_{D1} = 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(1.168 \times 1) + t_K$$

$$= 0.798 + t_K$$

$$= 0.798 + 1.5$$

$$= 2.298 \text{ mm} \gg 3 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$t = 3 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat geladak :

A	3	mm
M	3	mm
F	3	mm

diambil nilai t yang ada dipasaran, maka

$$t_{\text{geladak}} = 5 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat keseluruhan :

	A	M	F	Diambil	Unit
Pelat alas	6	6	6	6	mm
Pelat sisi	5	5	5	5	mm
Pelat geladak	5	5	5	5	mm

untuk memudahkan dalam perhitungan berat baja lambung kapal, maka tebal pelat yang digunakan untuk pembangunan kapal *catamaran boat* ini adalah

Tebal pelat alas dan sisi = 6 mm

Tebal pelat geladak = 5 mm

Tebal pelat ruang navigasi diasumsikan sama dengan pelat geladak dan digunakan untuk menghitung perhitungan selanjutnya

Perhitungan Berat Kapal (DWT dan LWT)

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
1	Payload Kapal		
	Volume sampah yang diangkut sekali jalan	4	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan		
	Jumlah crew	2	persons
	Berat Crew Kapal	75	kg/person
	Berat barang bawaan crew	3	kg/person
	Berat total crew	150	kg
	Berat total barang bawaan crew	6	kg
	Berat Total	156	kg
		0.156	ton
3	Berat Bahan Bakar Untuk Engine	0.059	ton
4	Berat Bahan Bakar untuk Genset	0.049	ton
Total Berat Bagian DWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Payload Kapal	4.0	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan	0.156	ton
3	Berat Bahan Bakar untuk Genset	0.049	ton
4	Berat Bahan Bakar Untuk Engine	0.059	ton
	Total	4.264	ton
Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal		
	Dari software Maxsurf Pro & Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kapal		
	Luas dua lambung	109696000	mm ²
		109.696	m ²
	Luas tunnel	23485000	mm ²
		23.485	m ²
	Total luasan lambung kapal	133.181	m ²
	Tebal pelat lambung	6	mm
		0.006	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.799	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	6272.825	kg
		6.273	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal		
	Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal		
	Total luasan geladak kapal	56535000.000	mm ²
	Total luasan geladak kapal	56.535	m ²
	Tebal pelat geladak	5	mm
		0.005	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.283	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	2218.999	kg
		2.219	ton

3	Berat Ruang Navigasi		
	Total luasan ruang navigasi	20400000	mm ²
	Total luasan ruang navigasi	20	m ²
	Tebal pelat	5	mm
		0.005	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.102	m ³
	r baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	801	kg
0.801		ton	
4	Berat Konstruksi Lambung Kapal		
	Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris		
	20% - 25% dari berat baja lambung kapal (diambil 20%)		
	Berat baja lambung + geladak kapal	7.074	ton
	20% dari berat baja kapal	1.415	ton
	Berat Konstruksi Total	1.415	ton
5	Equipment & Outfitting		
	Peralatan Navigasi	75	kg
	Paddle wheel	540	kg
	Conveyor Belt	3000	kg
	Berat Total	3615	kg
		3.6	ton
6	Berat Permesinan		
	Berat Permesinan	568	kg
	Berat Total	568	kg
		0.568	ton
Total Berat Bagian LWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	6.273	ton
2	Berat Geladak Kapal	2.219	ton
3	Berat Ruang Navigasi	0.801	ton
4	Berat Konstruksi Lambung Kapal	1.415	ton
5	Equipment & Outfitting	3.615	ton
6	Berat Permesinan	0.568	ton
Total		14.890	ton
Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	4.264	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	14.890	ton
Total		19.155	ton
Koreksi Displasmen			
LWT + DWT	Displasemen	Hasil Koreksi (%)	Status
19.155	19.320	0.856	OK

Titik Berat kapal

Lwl	=	9.2	m	
Lpp	=	9.2	m	
B	=	5.9	m	
B1	=	1.3	m	
H	=	1.73	m	
T	=	0.7	m	
S	=	4.60967	m	
Δ	=	19320.0	kg	
LCB	=	-0.242	m	dari Midship
C_B	=	0.5		

Titik Berat Hull

Ref: Parmetric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan hal 11-22

Berat 1 lambung	=	3136.413	kg	
LCG _{1 lambung}	=	-0.15 + LCB		
	=	-0.392	m	dari Midship
VCG _{1 lambung}	=	$0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B) \cdot (L/D)^2) + 0.008D(L/B - 6.5)$		
	=	0.82679	m	dari baseline
Berat Tunel	=	1106.14	kg	
LCG _{Tunel}	=	-0.2	m	dari Midship
VCG _{tunel}	=	1.73	m	dari baseline
LCG _{hull}	=	$2 \times (3136.41 \times -0.392) + (1106.14 \times 1.139)$		
		$(2 \times 3136.4126) + 1106.14$		
	=	-0.3632	m	dari Midship
VCG _{hull}	=	$2 \times (3104.7 \times 0.8267) + (1106.12 \times 1.666)$		
		$(2 \times 3104.76) + 1106.14$		
	=	0.96219	m	dari baseline

LWT

HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
6272.83	-0.363	0.962	2219.00	0.188	1.730	1414.71	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
800.7	-0.12	3.00	75	0.78	2.50	200	0.388	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
750	4.11	1.73	1500	0.11	1.73	750	-4.39	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
540	-3.00	0.90	200	1.40	1.25	168	-3.00	0.56

DWT							
Bahan Bakar Mesin			Crew				
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG		
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]		
59.30	-1.600	0.500	156	0.106	2.500		
Bahan Bakar Genset			Payload				
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG		
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]		
49	-0.600	0.500	4000	0.106	1.950		
TOTAL LWT			TOTAL DWT				
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG		
14890.23	-0.191	0.942	4264	0.074	1.933		
BERAT TOTAL	DISPLACEMENT					SELISIH	CHECK DISPLACEMENT
[kg]	LCG	VCG	[kg]	LCB	VCB		
	[m]	[m]		[m]	[m]	[kg]	%
19154.7	-0.132	1.162	19320.0	-0.242	0.4843	165.337	0.86%
Perhitungan Lambung Timbul							
Kapal wisata katamaran merupakan kapal dengan panjang kurang dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul tidak dapat menggunakan ketentuan <i>Internasional Convention on Load Lines (ICLL)</i> 1966. Oleh sebab itu, perhitungan lambung timbul <i>public catamaran boat</i> menggunakan aturan <i>Non-Convention Vessel Standart (NCVS) Indonesian Flagged</i> .							
Input Data							
H	=	1.73 m	∇	=	9.66 m ³		
d	=	0.85 · H	B ₁	=	1.3 m		
	=	1.4705 m	C _B	=	$\nabla / (L \cdot B \cdot d)$		
L	=	Lwl					
	=	9.2 m		=	0.5		
L	=	9.2 m					
1. Tipe Kapal							
(NCVS) Indonesian Flagged - Chapter 6 Section 5.1.2 menyebutkan bahwa :							
Kapal Tipe A adalah :							
a. Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair							
b. Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.							
c. Kapal yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi terhadap banjir.							
Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.							
Sehingga kapal pembersih sampah termasuk kapal Tipe B							

2. Lambung Timbul Standar (Fb_1)

$$\begin{aligned} Fb_1 &= 0,8 L \quad \text{cm} && \text{Untuk kapal dengan } L < 50 \text{ m} \\ Fb_1 &= 7.36 \quad \text{cm} \\ &= 0.0736 \quad \text{m} \end{aligned}$$

II. Lambung Timbul Awal (fb) untuk kapal Type B

$$\begin{aligned} fb &= 0,8 L \text{ cm, untuk } L \text{ sampai dengan } 50 \text{ m} \\ fb &= (L/10)^2 + (L/10) + 10 \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 50 \text{ m} \end{aligned}$$

Catatan : L adalah panjang kapal dalam meter

Koreksi

1. Koefisien Block

Koreksi C_B hanya untuk kapal dengan $C_B > 0.68$

$$C_B = 0.5000 \quad \text{Tidak ada koreksi}$$

2. Depth (D)

$$L/15 = 0.61333$$

$$D = 1.73 \quad \text{m}$$

jika, $D < L/15$; tidak ada koreksi

jika, $D > L/15$; lambung timbul standar ditambah dengan $20 (D - L/15)$ cm

$$D > L/15 \quad \text{maka,}$$

$$\text{Koreksi} = 20 (1.73 - 0.613)$$

$$= 22.3333 \quad \text{cm}$$

$$= 0.2233 \quad \text{m}$$

$$Fb_2 = 0.297 \quad \text{m}$$

3. Koreksi Bangunan Atas

Kapal tidak memiliki bangunan atas, maka tidak ada koreksi bangunan atas.

Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas = 0 m

Total Lambung Timbul

$$F_b' = Fb_2 - \text{Pengurangan}$$

$$= 0.297 \quad \text{m}$$

Ketinggian Bow Minimum (B_{WM})

Persyaratan tinggi *bow minimum* tidak disyaratkan untuk kapal dengan panjang kurang dari 24 meter. Sehingga tidak ada peraturan untuk tinggi bow minimum.

Batasan

1. Lambung Timbul Sebenarnya

$$F_b = H - T$$

$$= 1.03 \quad \text{m}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

Kondisi = Diterima

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yg disyaratkan	0.297	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1.03	m
Kondisi	Diterima	

Perhitungan Trim Kondisi A

ship dimension

L_{WL}	=	9.20	m
T	=	0.7	m
H	=	1.73	m
B	=	6	m
$B1$	=	1.3	m
∇	=	19.32	m^3
C_B	=	0.500	
C_M	=	0.527	
C_P	=	0.946	
C_{WP}	=	0.573	

from AP

LCB= 4.37 m dari maxsurf

from midship

LCB= -0.242 dari maxsurf

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
6.273	-0.363	0.962	2.219	0.188	1.730	1.415	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.8007	-0.120	3.00	0.075	0.782	2.50	0.200	0.388	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.750	4.11	1.73	1.5	0.106	1.73	0.750	-4.393	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.540	-3.000	0.90	0.200	1.400	1.25	0.168	-3.000	0.56

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.006	-1.600	0.500	0.156	0.106	2.500
Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.005	-0.600	0.500	0.000	0.106	1.950

Total center of weights on ship

Vertical

$$\begin{aligned} VCG = & (VCG_h \times W_h + VCG_d \times W_d + VCG_{con} \times W_{cons} + VCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + VCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + \\ & VCG_{gensetX\ W\ genset} + VCG_{conveyor1\ X\ W\ conveyor1} + VCG_{conveyor2\ X\ W\ conveyor2} + VCG_{conveyor3\ X\ W\ conveyor3} + \\ & VCG_{paddlewheel\ X\ W\ paddlewheel} + VCG_{baterai\ X\ W\ baterai} + VCG_{M\ X\ W\ M} + VCG_{jangkar\ X\ W\ jangkar} + \\ & VCG_{FO\ M\ X\ W\ FO\ M} + VCG_{FO\ Genset\ X\ W\ FO\ Genset} + VCG_{Payload\ X\ Payload} + VCG_{Crew\ X\ W\ Crew} / (LWT + DWT) \\ VCG = & 1.061925\ m \end{aligned}$$

Longitudinal

from midship

$$\begin{aligned} LCG = & (LCG_h \times W_h + LCG_d \times W_d + LCG_{con} \times W_{cons} + LCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + LCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + \\ & LCG_{gensetX\ W\ genset} + LCG_{conveyor1\ X\ W\ conveyor1} + LCG_{conveyor2\ X\ W\ conveyor2} + LCG_{conveyor3\ X\ W\ conveyor3} + \\ & LCG_{paddlewheel\ X\ W\ paddlewheel} + LCG_{baterai\ X\ W\ baterai} + LCG_{M\ X\ W\ M} + VCG_{jangkar\ X\ W\ jangkar} + \\ & LCG_{FO\ M\ X\ W\ FO\ M} + LCG_{FO\ Genset\ X\ W\ FO\ Genset} + LCG_{Payload\ X\ Payload} + LCG_{Crew\ X\ W\ Crew} / (LWT + DWT) \\ LCG = & -0.22089\ m \end{aligned}$$

Vertical center of buoyancy

$$KB/T = 0.9 - 0.36 C_M$$

$$KB/T = 0.71028$$

$$KB = (KB/T) \times T$$

$$KB = 1.014686\ m$$

$$KB\ maxsurf = 0.311\ m$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19
by SNAME and editor Thomas Lamb

Hasil Maxsurf

1	Draft Amidships m	0.556
2	Displacement t	15.15
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.546
5	Draft at AP m	0.566
6	Draft at LCF m	0.557
7	Trim (+ve by stern) m	0.020
8	WL Length m	9.156
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m²2	43.400
11	Waterpl. Area m²2	31.587
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.933
13	Block coeff. (Cb)	0.475
14	Max Sect. area coeff. (0.509
15	Waterpl. area coeff. (C	0.575
16	LCB from zero pt. (+ve	-0.281
17	LCF from zero pt. (+ve	-0.221
18	KB m	0.311
19	KG fluid m	1.367
20	BMt m	9.972
21	BML m	13.782
22	GMt corrected m	8.916
23	GML m	12.726
24	KMlt m	10.283
25	KML m	14.093
26	Immersion (TPC) tonne/	0.324

Location of metacenter

Transversal

$$C_t = 0.1216 C_{WP} - 0.0410$$

$$C_t = 0.028677$$

$$I_t = C_t \times L \times B^3$$

$$I_t = 54.45135\ m^4$$

$$L = L_{WL}$$

$$BM_t = I_t / \nabla$$

$$BM_t = 2.818393\ m$$

$$BM_t\ maxsurf = 9.972\ m$$

$$GM_t = KB + BM_t - VCG$$

$$GM_t = 2.771153\ m$$

$$GM_t\ maxsurf = 8.916\ m$$

Longitudinal

$$C_{tL} = 0.350 C_{WP}^2 - 0.405 C_{WP} + 0.146$$

$$C_{tL} = 0.02885$$

$$I_L = C_{tL} \times B \times L^3$$

$$I_L = 132.7623\ m^4$$

$$L = L_{WL}$$

$$BM_L = I_L / \nabla$$

$$BM_L = 6.871757\ m$$

$$BM_L\ maxsurf = 13.782\ m$$

$$GM_L = KB + BM_L - VCG$$

$$GM_L = 6.824518\ m$$

$$GM_L\ maxsurf = 12.726\ m$$

Trim

$$T_A - T_f = (LCG - LCB) L / GM_L$$

$$T_A - T_f = 0.00287\ m$$

$$L = L_{WL}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 28

$$\begin{aligned} \text{Batasan Trim} \quad & (Ref.: Trim Maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Regulasi 5-1) \\ & \pm 0.5\% \cdot LWL = 0.046\ m \end{aligned}$$

Kondisi Trim= **TRIM BY STERN**

Kesimpulan= **ACCEPTED**

Perhitungan Trim Kondisi B

ship dimension

L_{WL}	=	9.20	m
T	=	0.7	m
H	=	1.73	m
B	=	6	m
B1	=	1.3	m
V	=	19.32	m ³
C_B	=	0.500	
C_M	=	0.527	
C_p	=	0.946	
C_{WP}	=	0.573	

from AP

LCB= 4.37 m dari maxsurf

from midship

LCB= -0.242 dari maxsurf

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
6.273	-0.363	0.962	2.219	0.188	1.730	1.415	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.8007	-0.120	3.00	0.075	0.782	2.50	0.200	0.388	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.750	4.11	1.73	1.5	0.106	1.73	0.750	-4.393	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.540	-3.000	0.90	0.200	1.400	1.25	0.168	-3.000	0.56

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.015	-1.600	0.500	0.156	0.106	2.500

Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.012	-0.600	0.500	1.000	0.106	1.950

Total center of weights on ship

Vertical

$$VCG = (VCG_h \times W_h + VCG_d \times W_d + VCG_{con} \times W_{cons} + VCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + VCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + VCG_{gensetX} \times W_{genset} + VCG_{conveyor1} \times W_{conveyor1} + VCG_{conveyor2} \times W_{conveyor2} + VCG_{conveyor3} \times W_{conveyor3} + VCG_{paddlewheel} \times W_{paddlewheel} + VCG_{baterai} \times W_{baterai} + VCG_M \times W_M + VCG_{jangkar} \times W_{jangkar} + VCG_{FO\ M\ X\ W\ FO\ M} + VCG_{FO\ Genset\ X\ W\ FO\ Genset} + VCG_{Payload} \times W_{Payload} + VCG_{Crew} \times W_{Crew}) / (LWT + DWT)$$

$$VCG = 1.164153\text{ m}$$

Longitudinal

from midship

$$LCG = (LCG_h \times W_h + LCG_d \times W_d + LCG_{con} \times W_{cons} + LCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + LCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + LCG_{gensetX} \times W_{genset} + LCG_{conveyor1} \times W_{conveyor1} + LCG_{conveyor2} \times W_{conveyor2} + LCG_{conveyor3} \times W_{conveyor3} + LCG_{paddlewheel} \times W_{paddlewheel} + LCG_{baterai} \times W_{baterai} + LCG_M \times W_M + VCG_{jangkar} \times W_{jangkar} + LCG_{FO\ M\ X\ W\ FO\ M} + LCG_{FO\ Genset\ X\ W\ FO\ Genset} + LCG_{Payload} \times W_{Payload} + LCG_{Crew} \times W_{Crew}) / (LWT + DWT)$$

$$LCG = -0.21633\text{ m}$$

Vertical center of buoyancy

$$KB/T = 0.9 - 0.36 C_{bl}$$

$$KB/T = 0.71028$$

$$KB = (KB/T) \times T$$

$$KB = 1.014686\text{ m}$$

$$KB\text{ maxsurf} = 0.327\text{ m}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19
by SNAME and editor Thomas Lamb

Hasil Maxsurf

Location of metacenter

Transversal

$$C_l = 0.1216 C_{wp} - 0.0410$$

$$C_l = 0.028677$$

$$I_r = C_l \times L \times B^3$$

$$I_r = 54.45135\text{ m}^4$$

$$BM_r = I_r / V$$

$$BM_r = 2.818393\text{ m}$$

$$GM_r = KB + BM_r - VCG$$

$$GM_r = 2.668926\text{ m}$$

$$L = L_{WL}$$

$$BM_r\text{ maxsurf} = 9.357\text{ m}$$

$$GM_r\text{ maxsurf} = 8.282\text{ m}$$

Longitudinal

$$C_{bl} = 0.350 C_{wp}^2 - 0.405 C_{wp} + 0.146$$

$$C_{bl} = 0.02885$$

$$I_l = C_{bl} \times B \times L^3$$

$$I_l = 132.7623\text{ m}^4$$

$$BM_l = I_l / V$$

$$BM_l = 6.871757\text{ m}$$

$$GM_l = KB + BM_l - VCG$$

$$GM_l = 6.72229\text{ m}$$

$$L = L_{WL}$$

$$BM_l\text{ maxsurf} = 12.959\text{ m}$$

$$GM_l\text{ maxsurf} = 11.884\text{ m}$$

Trim

$$T_A - T_F = (LCG - LCB) L / GM_l$$

$$T_A - T_F = 0.003737\text{ m}$$

$$L = L_{WL}$$

Batasan Trim (Ref: Trim Maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Regulasi 5-1)

$$\pm 0.5\% \cdot LWL = 0.046\text{ m}$$

Kondisi Trim= **TRIM BY STERN**
Kesimpulan= **ACCEPTED**

1	Draft Amidships m	0.588
2	Displacement t	16.17
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.585
5	Draft at AP m	0.590
6	Draft at LCF m	0.588
7	Trim (+ve by stern) m	0.005
8	WL Length m	9.173
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m²2	44.578
11	Waterpl. Area m²2	31.618
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.946
13	Block coeff. (Cb)	0.485
14	Max Sect. area coeff. (0.513
15	Waterpl. area coeff. (C	0.574
16	LCB from zero pt. (+ve	-0.257
17	LCF from zero pt. (+ve	-0.216
18	KB m	0.327
19	KG fluid m	1.402
20	BMt m	9.357
21	BML m	12.959
22	GMt corrected m	8.282
23	GML m	11.884
24	KlMt m	9.684
25	KlML m	13.286
26	Immersion (TPC) tonne/	0.324

Perhitungan Trim Kondisi C

ship dimension

L_{WL}	=	9.20	m
T	=	0.7	m
H	=	1.73	m
B	=	6	m
$B1$	=	1.3	m
∇	=	19.32	m ³
C_B	=	0.500	
C_M	=	0.527	
C_P	=	0.946	
C_{WP}	=	0.573	

from AP

LCB= 4.37 m dari maxsurf

from midship

LCB= -0.242 dari maxsurf

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
6.273	-0.363	0.962	2.219	0.188	1.730	1.415	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.8007	-0.120	3.00	0.075	0.782	2.50	0.200	0.388	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.75	4.11	1.73	1.500	0.106	1.73	0.75	-4.393	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.540	-3.000	0.90	0.200	1.400	1.25	0.168	-3.000	0.56

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.030	-1.600	0.500	0.156	0.106	2.500

Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.025	-0.600	0.500	2.000	0.106	1.950

Total center of weights on ship

Vertical

$$VCG = (VCG_h \times W_h + VCG_d \times W_d + VCG_{con} \times W_{cons} + VCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + VCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + VCG_{gensetX\ W\ genset} + VCG_{conveyor1\ X\ W\ conveyor1} + VCG_{conveyor2\ X\ W\ conveyor2} + VCG_{conveyor3\ X\ W\ conveyor3} + VCG_{paddlewheel\ X\ W\ paddlewheel} + VCG_{baterai\ X\ W\ baterai} + VCG_{M\ X\ W\ M} + VCG_{jangkar\ X\ W\ jangkar} + VCG_{FO\ M\ X\ W\ FO\ M} + VCG_{FO\ Genset\ X\ W\ FO\ Genset} + VCG_{Payload\ X\ Payload} + VCG_{Crew\ X\ W\ Crew}) / (LWT + DWT)$$

$$VCG = 1.266663 \text{ m}$$

Longitudinal

from midship

$$LCG = (LCG_h \times W_h + LCG_d \times W_d + LCG_{con} \times W_{cons} + LCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + LCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + LCG_{gensetX\ W\ genset} + LCG_{conveyor1\ X\ W\ conveyor1} + LCG_{conveyor2\ X\ W\ conveyor2} + LCG_{conveyor3\ X\ W\ conveyor3} + LCG_{paddlewheel\ X\ W\ paddlewheel} + LCG_{baterai\ X\ W\ baterai} + LCG_{M\ X\ W\ M} + VCG_{jangkar\ X\ W\ jangkar} + LCG_{FO\ M\ X\ W\ FO\ M} + LCG_{FO\ Genset\ X\ W\ FO\ Genset} + LCG_{Payload\ X\ Payload} + LCG_{Crew\ X\ W\ Crew}) / (LWT + DWT)$$

$$LCG = -0.21242 \text{ m}$$

Vertical center of buoyancy

$$KB/T = 0.9 - 0.36 C_M$$

$$KB/T = 0.71028$$

$$KB = (KB/T) \times T$$

$$KB = 1.014686 \text{ m}$$

$$KB \text{ maxsurf} = 344 \text{ m}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19
by SNAME and editor Thomas Lamb

Hasil Maxsurf

1	Draft Amidships m	0.620
2	Displacement t	17.19
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.624
5	Draft at AP m	0.615
6	Draft at LCF m	0.620
7	Trim (+ve by stern) m	-0.009
8	WL Length m	9.191
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m²	45.774
11	Waterpl. Area m²	31.649
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.942
13	Block coeff. (Cb)	0.488
14	Max Sect. area coeff. (0.518
15	Waterpl. area coeff. (C	0.574
16	LCB from zero pt. (+ve	-0.235
17	LCF from zero pt. (+ve	-0.212
18	KB m	0.344
19	KG fluid m	1.433
20	BMT m	8.807
21	BML m	12.223
22	GMT corrected m	7.718
23	GML m	11.134
24	KMT m	9.151
25	KML m	12.567
26	Immersion (TPC) tonne/	0.324

Location of metacenter

Transversal

$$C_i = 0.1216 C_{WP} - 0.0410$$

$$C_i = 0.028677$$

$$I_t = C_i \times L \times B^3$$

$$I_t = 54.45135 \text{ m}^4$$

$$L = L_{WL}$$

$$BM_t = I_t / \nabla$$

$$BM_t = 2.818393 \text{ m}$$

$$BM_t \text{ maxsurf} = 8.807 \text{ m}$$

$$GM_t = KB + BM_t - VCG$$

$$GM_t = 2.566415 \text{ m}$$

$$GM_t \text{ maxsurf} = 7.718 \text{ m}$$

Longitudinal

$$C_{iL} = 0.350 C_{WP}^2 - 0.405 C_{WP} + 0.146$$

$$C_{iL} = 0.02885$$

$$I_L = C_{iL} \times B \times L^3$$

$$I_L = 132.7623 \text{ m}^4$$

$$L = L_{WL}$$

$$BM_L = I_L / \nabla$$

$$BM_L = 6.871757 \text{ m}$$

$$BM_L \text{ maxsurf} = 12.223 \text{ m}$$

$$GM_L = KB + BM_L - VCG$$

$$GM_L = 6.61978 \text{ m}$$

$$GM_L \text{ maxsurf} = 11.134 \text{ m}$$

Trim

$$T_A - T_r = (LCG - LCB) L / GM_L$$

$$T_A - T_r = 0.004596 \text{ m}$$

$$L = L_{WL}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 28

$$\text{Batasan Trim (Ref.: Trim Maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Regulasi 5-1)} \\ \pm 0.5\% \cdot L_{WL} = 0.046 \text{ m}$$

Kondisi Trim= **TRIM BY STERN**

Kesimpulan= **ACCEPTED**

Perhitungan Trim Kondisi D

ship dimension

L _{WL}	=	9.20	m
T	=	0.7	m
H	=	1.73	m
B	=	6	m
B1	=	1.3	m
V	=	19.32	m ³
C _B	=	0.500	
C _M	=	0.527	
C _p	=	0.946	
C _{WP}	=	0.573	

from AP

LCB= 4.37 m dari maxsurf

from midship

LCB= -0.242 dari maxsurf

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
6.273	-0.363	0.962	2.219	0.188	1.730	1.415	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.8007	-0.120	3.00	0.075	0.782	2.50	0.200	0.388	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.750	4.11	1.73	1.5	0.106	1.73	0.750	-4.393	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.540	-3.000	0.90	0.200	1.400	1.25	0.168	-3.000	0.56

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.044	-1.600	0.500	0.156	0.106	2.500

Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.037	-0.600	0.500	3.000	0.106	1.950

Total center of weights on ship

Vertical

$$VCG = (VCG_h \times W_h + VCG_d \times W_d + VCG_{con} \times W_{con} + VCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + VCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + VCG_{gensetX\ W\ genset} + VCG_{conveyor1\ X\ W\ conveyor1} + VCG_{conveyor2\ X\ W\ conveyor2} + VCG_{conveyor3\ X\ W\ conveyor3} + VCG_{paddlewheel\ X\ W\ paddlewheel} + VCG_{baterai\ X\ W\ baterai} + VCG_{M\ X\ W\ M} + VCG_{jangkar\ X\ W\ jangkar} + VCG_{FO\ M\ X\ W\ FO\ M} + VCG_{FO\ Genset\ X\ W\ FO\ Genset} + VCG_{Payload\ X\ Payload} + VCG_{Crew\ X\ W\ Crew}) / (LWT + DWT)$$

$$VCG = 1.369174\ m$$

Longitudinal

from midship

$$LCG = (LCG_h \times W_h + LCG_d \times W_d + LCG_{con} \times W_{con} + LCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + LCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + LCG_{gensetX\ W\ genset} + LCG_{conveyor1\ X\ W\ conveyor1} + LCG_{conveyor2\ X\ W\ conveyor2} + LCG_{conveyor3\ X\ W\ conveyor3} + LCG_{paddlewheel\ X\ W\ paddlewheel} + LCG_{baterai\ X\ W\ baterai} + LCG_{M\ X\ W\ M} + VCG_{jangkar\ X\ W\ jangkar} + LCG_{FO\ M\ X\ W\ FO\ M} + LCG_{FO\ Genset\ X\ W\ FO\ Genset} + LCG_{Payload\ X\ Payload} + LCG_{Crew\ X\ W\ Crew}) / (LWT + DWT)$$

$$LCG = -0.20851\ m$$

Vertical center of buoyancy

$$KB/T = 0.9 - 0.36 C_{Mh}$$

$$KB/T = 0.71028$$

$$KB = (KB/T) \times T$$

$$KB = 1.014686\ m \quad KB\ maxsurf = 0.36\ m$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19
by SNAME and editor Thomas Lamb

Location of metacenter

Transversal

$$C_t = 0.1216 C_{WP} - 0.0410$$

$$C_t = 0.028677$$

$$I_t = C_t \times L \times B^3$$

$$I_t = 54.45135\ m^4$$

$$L = L_{WL}$$

$$BM_t = I_t / V$$

$$BM_t = 2.818393\ m$$

$$BM_t\ maxsurf = 8.32\ m$$

$$GM_t = KB + BM_t - VCG$$

$$GM_t = 2.463905\ m$$

$$GM_t\ maxsurf = 7.221\ m$$

Longitudinal

$$C_{Lh} = 0.350 C_{WP}^2 - 0.405 C_{WP} + 0.146$$

$$C_{Lh} = 0.02885$$

$$I_L = C_{Lh} \times B \times L^3$$

$$I_L = 132.7623\ m^4$$

$$L = L_{WL}$$

$$BM_L = I_L / V$$

$$BM_L = 6.871757\ m$$

$$BM_L\ maxsurf = 11.572\ m$$

$$GM_L = KB + BM_L - VCG$$

$$GM_L = 6.517269\ m$$

$$GM_L\ maxsurf = 10.473\ m$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Trim

$$T_A - T_F = (LCG - LCB) L / GM_L$$

$$T_A - T_F = 0.005532\ m$$

$$L = L_{WL}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 28

Batasan Trim (Ref: Trim Maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Regulasi 5-1)
$$\pm 0.5\% \cdot L_{WL} = 0.046\ m$$

Kondisi Trim= **TRIM BY STERN**
Kesimpulan= **ACCEPTED**

Hasil Maxsurf

1	Draft Amidships m	0.652
2	Displacement t	18.22
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.663
5	Draft at AP m	0.640
6	Draft at LCF m	0.651
7	Trim (+ve by stern) m	-0.023
8	WL Length m	9.208
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m²	46.967
11	Waterpl. Area m²	31.680
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.932
13	Block coeff. (Cb)	0.486
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.523
15	Waterpl. area coeff. (Cw)	0.573
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.216
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.207
18	KB m	0.360
19	KG fluid m	1.460
20	BMt m	8.320
21	BML m	11.572
22	GMt corrected m	7.221
23	GML m	10.473
24	KMlt m	8.680
25	KML m	11.932
26	Immersion (TPc) tonne/	0.325

Perhitungan Trim Kondisi E

ship dimension

L_{WL}	=	9.20	m
T	=	0.7	m
H	=	1.73	m
B	=	6	m
B1	=	1.3	m
∇	=	19.32	m ³
C_B	=	0.500	
C_M	=	0.527	
C_P	=	0.946	
C_{WP}	=	0.573	

from AP			
LCB=	4.37 m	dari maxsurf	
from midship			
LCB=	-0.242	dari maxsurf	

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
6.273	-0.363	0.962	2.219	0.188	1.730	1.415	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.801	-0.120	3.00	0.075	0.782	2.50	0.200	0.388	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.750	4.11	1.73	1.500	0.106	1.73	0.750	-4.393	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.540	-3.000	0.90	0.200	1.400	1.25	0.168	-3.000	0.56

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.059	-1.600	0.500	0.156	0.106	2.500
Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.049	-0.600	0.500	4.0	0.106	1.950

Total center of weights on ship

Vertical

$$VCG = (VCG_h \times W_h + VCG_d \times W_d + VCG_{con} \times W_{cons} + VCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + VCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + VCG_{genset} \times W_{genset} + VCG_{conveyor1} \times W_{conveyor1} + VCG_{conveyor2} \times W_{conveyor2} + VCG_{conveyor3} \times W_{conveyor3} + VCG_{paddlewheel} \times W_{paddlewheel} + VCG_{baterai} \times W_{baterai} + VCG_{M \times W \times M} + VCG_{jangkar} \times W_{jangkar} + VCG_{FO \ M \ X \ W \ FO \ M} + VCG_{FO \ Genset} \times W_{FO \ Genset} + VCG_{Payload} \times W_{Payload} + VCG_{Crew} \times W_{Crew}) / (LWT + DWT)$$
$$VCG = 1.471684 \text{ m}$$

Longitudinal

from midship

$$LCG = (LCG_h \times W_h + LCG_d \times W_d + LCG_{con} \times W_{cons} + LCG_{ruang\ navigasi} \times W_{ruang\ navigasi} + LCG_{per.navigasi} \times W_{per.navigasi} + LCG_{genset} \times W_{genset} + LCG_{conveyor1} \times W_{conveyor1} + LCG_{conveyor2} \times W_{conveyor2} + LCG_{conveyor3} \times W_{conveyor3} + LCG_{paddlewheel} \times W_{paddlewheel} + LCG_{baterai} \times W_{baterai} + LCG_{M \times W \times M} + VCG_{jangkar} \times W_{jangkar} + LCG_{FO \ M \ X \ W \ FO \ M} + LCG_{FO \ Genset} \times W_{FO \ Genset} + LCG_{Payload} \times W_{Payload} + LCG_{Crew} \times W_{Crew}) / (LWT + DWT)$$
$$LCG = -0.2046 \text{ m}$$

Vertical center of buoyancy

$$KB/T = 0.9 - 0.36 C_M$$
$$KB/T = 0.71028$$
$$KB = (KB/T) \times T$$
$$KB = 0.385 \text{ m}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19
by SNAME and editor Thomas Lamb

Hasil Maxsurf

Location of metacenter

Transversal

$$C_t = 0.1216 C_{wp} - 0.0410$$
$$C_t = 0.028677$$
$$I_t = C_t \times L \times B^3$$
$$I_t = 54.45135 \text{ m}^4$$
$$BM_t = I_t / \nabla$$
$$BM_t = 2.818393 \text{ m}$$
$$GM_t = KB + BM_t - VCG$$
$$GM_t = 1.731708 \text{ m}$$
$$L = L_{WL}$$

Longitudinal

$$C_{tl} = 0.350 C_{wp}^2 - 0.405 C_{wp} + 0.146$$
$$C_{tl} = 0.02885$$
$$I_l = C_{tl} \times B \times L^3$$
$$I_l = 132.7623 \text{ m}^4$$
$$BM_l = I_l / \nabla$$
$$BM_l = 6.871757 \text{ m}$$
$$GM_l = KB + BM_l - VCG$$
$$GM_l = 5.785073 \text{ m}$$
$$L = L_{WL}$$

Trim

$$T_A - T_z = (LCG - LCB) / L_{GM_l}$$
$$T_A - T_z = 0.006547 \text{ m}$$
$$L = L_{WL}$$

Batasan Trim (Ref.: Trim Maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Regulasi 5-1)
 $\pm 0.5\% \cdot L_{WL} = 0.046 \text{ m}$

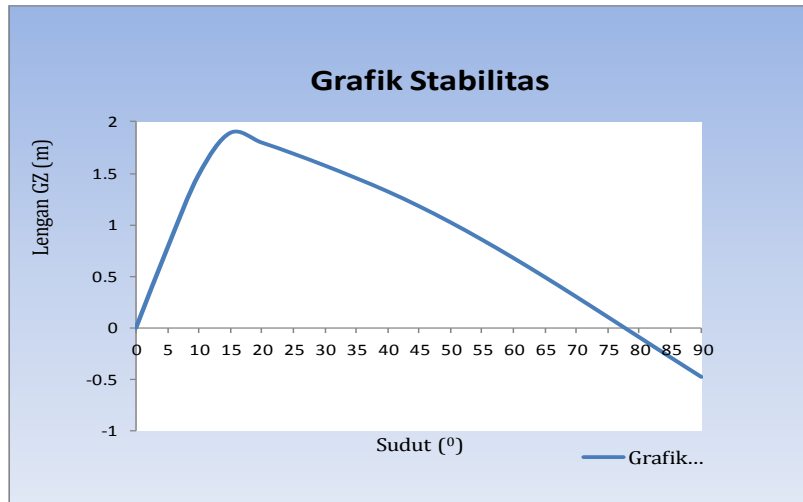
Kondisi Trim= **TRIM BY STERN**
Kesimpulan= **ACCEPTED**

1	Draft Amidships m	0.684
2	Displacement t	19.24
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.702
5	Draft at AP m	0.665
6	Draft at LCF m	0.683
7	Trim (+ve by stern) m	-0.038
8	WL Length m	9.225
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m^2	48.160
11	Waterpl. Area m^2	31.711
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.923
13	Block coeff. (Cb)	0.485
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.527
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.573
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.198
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.203
18	KB m	0.377
19	KG fluid m	1.484
20	BMt m	7.885
21	BWL m	10.990
22	GMt corrected m	6.778
23	GMl m	9.883
24	KMt m	8.262
25	KWL m	11.367
26	Immersion (TPC) tonne/	0.325

STABILITAS KONDISI A

Lengan Statis (GZ)

Sudut (°)	Lengan Gz (m)
0	0
5	0.774
10	1.488
15	1.891
20	1.797
25	1.690
30	1.575
35	1.453
40	1.324
45	1.181
50	1.025
55	0.857
60	0.68
65	0.495
70	0.304
75	0.109
80	-0.087
85	-0.283
90	-0.477



$$h = 0.087266463 \text{ radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$L_D (10^\circ) = \frac{1}{3} \times h (GZ (0^\circ) + 4GZ (5^\circ) + GZ (10^\circ))$$

$$L_D (10^\circ) = 0.133 \text{ meter radian}$$

$$L_D (20^\circ) = 0.316 \text{ meter radian}$$

$$L_D (30^\circ) = 0.295 \text{ meter radian}$$

$$L_D (40^\circ) = 0.253 \text{ meter radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

Sudut (°)	meter.rad
$L_D (10^\circ)$	0.133
$L_D (20^\circ)$	0.316
$L_D (30^\circ)$	0.295
$L_D (40^\circ)$	0.253
$L_D \text{ Total}$	0.997

Sudut Maksimum

$$GZ \text{ max} = 1.891 \text{ m} \quad ; \text{ nilai maksimum GZ dari semua sudut } (0^\circ \text{ s.d. } 90^\circ)$$

$$\text{Kolom Ke -} = 4 \quad ; \text{ nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa}$$

$$\text{Heel at GZ max} = 15^\circ \quad ; \text{ pada sudut heel berapa GZ maksimum}$$

Titik

$$X_1 = 10$$

$$X_2 = 15$$

$$X_3 = 20$$

$$Y_1 = 1.488$$

$$Y_2 = 1.891$$

$$Y_3 = 1.797$$

Matriks

$$\begin{bmatrix} 1 & 10 & 100 \\ 1 & 15 & 225 \\ 1 & 20 & 400 \end{bmatrix}$$

Invers Matrik

$$\begin{bmatrix} 6 & -8 & 3 \\ -0.7 & 1.2 & -0.5 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{bmatrix}$$

Hasil Perkalian Matrik

$$a = -0.809$$

$$b = 0.3291$$

$$c = -0.00994$$

$$\theta_{\max} = 17^\circ \quad ; \text{ sudut maximum}$$

$$GM = 8.074 \text{ m} \quad (\text{dari Maxsurf})$$

Untuk kapal katamaran dengan panjang kurang dari 24 meter, kriteria stabilitasnya Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

- 1 Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ ≥ 0.085 m.rad

Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad

Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari :

$$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max}) \text{ meter} - \text{radian}$$

$$\theta_{GZ\max} = 17^\circ \quad (\text{antara } \theta = 15^\circ \text{ dan } 30^\circ)$$

maka

$$A_{\text{minimal}} = 0.082 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{\text{sebenarnya}} = 0.449 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 2 Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian.

$$A_{30-40 \text{ min}} = 0.030 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{30-40} = 0.253 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 3 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;

$$Gz_{30^\circ \text{ min}} = 0.200 \quad \text{meter}$$

$$Gz_{30^\circ} = 1.575 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 4 GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat

$$\theta_{Gz_{\max} \text{ min}} = 15^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\theta_{Gz_{\max}} = 17^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.

$$GM_{\text{min}} = 0.350 \quad \text{meter}$$

$$GM = 10.283 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

1	Draft Amidships m	0.556
2	Displacement t	15.15
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.546
5	Draft at AP m	0.566
6	Draft at LCF m	0.557
7	Trim (+ve by stern) m	0.020
8	WL Length m	9.156
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	43.400
11	Waterpl. Area m ²	31.587
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.933
13	Block coeff. (Cb)	0.475
14	Max Sect. area coeff. (0.509
15	Waterpl. area coeff. (C	0.575
16	LCB from zero pt. (+ve	-0.281
17	LCF from zero pt. (+ve	-0.221
18	KB m	0.311
19	KG fluid m	1.367
20	BMT m	9.972
21	BML m	13.782
22	GMt corrected m	8.916
23	GML m	12.728
24	KMt m	10.283
25	KML m	14.093
26	Immersion (TPc) tonne/	0.324

Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Public Catamaran Boat

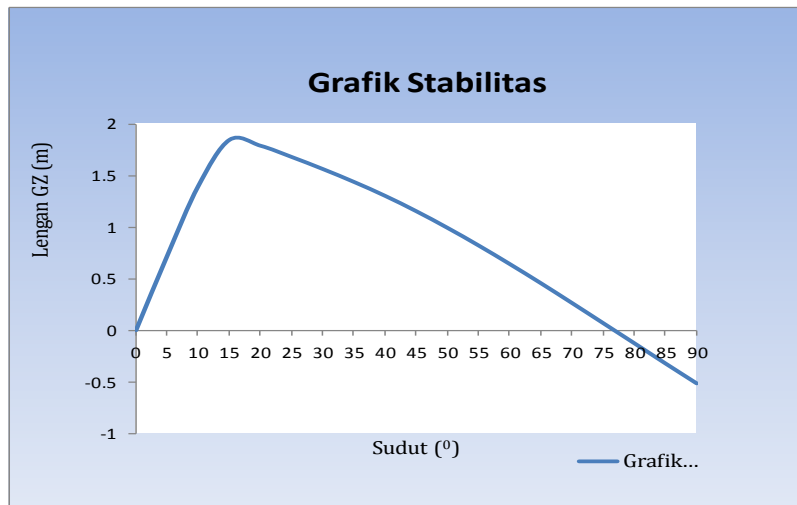
Kriteria	Nilai Stabilitas	Satuan	Kondisi
$A_{\theta_{\max}} \geq 0,075$	0.449	meter.rad	Accepted
$A_{\theta_{(30-40)}} \geq 0,03$	0.253	meter.rad	Accepted
$GZ_{\theta_{30}} \geq 0,2$	1.575	meter	Accepted
$\theta_{GZ_{\max}} \geq 15^\circ$	17°	derajat	Accepted
$GM \geq 0,35$	10.283	meter	Accepted

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.774	1.488	1.881	1.797	1.690	1.575	1.453	1.324	1.181	1.025	0.857	0.688	0.495	0.304	0.109	-0.087	-0.283	-0.477
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.9405	7.6580	16.3129	25.6453	34.3371	42.5101	50.0801	57.0279	63.2968	68.8173	73.5272	77.3735	80.3128	82.3117	83.3485	83.4032	82.4777	80.5751
3	Displacement t	15.15	15.16	15.16	15.16	15.15	15.15	15.16	15.16	15.16	15.16	15.16	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15
4	Draft at FP m	0.546	0.543	0.522	0.413	0.209	-0.008	-0.241	-0.501	-0.799	-1.142	-1.547	-2.044	-2.682	-3.546	-4.806	-6.862	-10.908	-22.912	n/a
5	Draft at AP m	0.566	0.566	0.558	0.502	0.302	0.089	-0.144	-0.401	-0.687	-1.007	-1.379	-1.832	-2.406	-3.181	-4.310	-6.150	-9.771	-20.525	n/a
6	WL Length m	9.156	9.235	9.308	9.345	9.344	9.343	9.343	9.342	9.339	9.337	9.335	9.335	9.335	9.336	9.338	9.372	9.452	9.532	9.603
7	Beam max extents on	6.000	5.977	5.770	4.987	3.057	3.052	3.042	3.030	2.913	2.709	2.512	2.319	2.129	1.939	1.781	1.744	1.719	1.704	1.700
8	Wetted Area m ²	43.400	43.473	42.149	31.428	31.018	31.039	31.062	31.136	31.479	31.850	32.127	32.324	32.465	32.559	32.635	32.658	32.683	32.711	32.728
9	Waterpl. Area m ²	31.587	31.236	28.642	16.964	16.992	17.618	18.433	19.363	19.293	18.626	17.992	17.413	16.903	16.477	16.147	15.884	15.727	15.672	15.702
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.933	0.923	0.910	0.896	0.896	0.894	0.894	0.893	0.893	0.890	0.887	0.883	0.879	0.874	0.870	0.863	0.852	0.842	0.834
11	Block coeff. (Cb)	0.475	0.354	0.290	0.288	0.491	0.455	0.452	0.450	0.465	0.496	0.531	0.571	0.619	0.679	0.742	0.780	0.774	0.787	0.800
12	LCB from zero pt. (+ve	-0.281	-0.282	-0.284	-0.282	-0.293	-0.296	-0.296	-0.296	-0.298	-0.301	-0.305	-0.309	-0.315	-0.320	-0.325	-0.329	-0.333	-0.335	-0.337
13	LCF from zero pt. (+ve	-0.221	-0.223	-0.237	-0.268	-0.173	-0.174	-0.175	-0.180	-0.122	-0.102	-0.086	-0.074	-0.063	-0.054	-0.044	-0.041	-0.035	-0.027	-0.022
14	GMt corrected m	8.916	8.727	7.290	-0.605	-1.162	-1.275	-1.362	-1.425	-1.554	-1.716	-1.858	-1.980	-2.079	-2.156	-2.210	-2.242	-2.253	-2.241	-2.208
15	GML m	12.728	12.544	11.322	6.449	6.085	6.210	6.430	6.719	6.602	6.285	5.978	5.698	5.457	5.264	5.136	5.030	5.004	5.050	5.144
16	Max deck inclination de	0.1225	5.0021	10.0024	15.0094	20.0075	25.0058	30.0042	35.0033	40.0029	45.0031	50.0033	55.0035	60.0037	65.0037	70.0035	75.0031	80.0023	85.0013	90.0000

STABILITAS KONDISI B

Lengan Statis (GZ)

Sudut (°)	Lengan Gz (m)
0	0
5	0.721
10	1.399
15	1.846
20	1.789
25	1.680
30	1.563
35	1.438
40	1.303
45	1.154
50	0.993
55	0.822
60	0.642
65	0.456
70	0.264
75	0.069
80	-0.126
85	-0.322
90	-0.515



$$h = 0.087266463 \text{ radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$L_D (10^\circ) = \frac{1}{3} \times h (GZ (0^\circ) + 4GZ (5^\circ) + GZ (10^\circ))$$

$$L_D (10^\circ) = 0.125 \text{ meter radian}$$

$$L_D (20^\circ) = 0.308 \text{ meter radian}$$

$$L_D (30^\circ) = 0.293 \text{ meter radian}$$

$$L_D (40^\circ) = 0.251 \text{ meter radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

Sudut (°)	meter.rad
$L_D (10^\circ)$	0.125
$L_D (20^\circ)$	0.308
$L_D (30^\circ)$	0.293
$L_D (40^\circ)$	0.251
$L_D \text{ Total}$	0.976

Sudut Maksimum

$$GZ \text{ max} = 1.846 \text{ m} \quad ; \text{ nilai maksimum GZ dari semua sudut } (0^\circ \text{ s.d. } 90^\circ)$$

$$\text{Kolom Ke -} = 4 \quad ; \text{ nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa}$$

$$\text{Heel at GZ max} = 15^\circ \quad ; \text{ pada sudut heel berapa GZ maksimum}$$

Titik

$$X_1 = 10$$

$$X_2 = 15$$

$$X_3 = 20$$

$$Y_1 = 1.399$$

$$Y_2 = 1.846$$

$$Y_3 = 1.789$$

Matriks

$$\begin{bmatrix} 1 & 10 & 100 \\ 1 & 15 & 225 \\ 1 & 20 & 400 \end{bmatrix}$$

Invers Matrik

$$\begin{bmatrix} 6 & -8 & 3 \\ -0.7 & 1.2 & -0.5 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{bmatrix}$$

Hasil Perkalian Matrik

$$a = -1.007$$

$$b = 0.3414$$

$$c = -0.01008$$

$$\theta_{\max} = 17^\circ \quad ; \text{ sudut maximum}$$

$$GM = 8.074 \text{ m} \quad (\text{dari Maxsurf})$$

Untuk kapal katamaran dengan panjang kurang dari 24 meter, kriteria stabilitasnya Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

- 1 Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ ≥ 0.085 m.rad

Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad

Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari :

$$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max}) \text{ meter} - \text{radian}$$

$$\theta_{GZ\max} = 17^\circ \quad (\text{antara } \theta = 15^\circ \text{ dan } 30^\circ)$$

maka

$$A_{\text{minimal}} = 0.081 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{\text{sebenarnya}} = 0.432 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 2 Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian.

$$A_{30-40 \text{ min}} = 0.030 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{30-40} = 0.251 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 3 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;

$$Gz_{30^\circ \text{ min}} = 0.200 \quad \text{meter}$$

$$Gz_{30^\circ} = 1.563 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 4 GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat

$$\theta_{Gz\max} \text{ min} = 15^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\theta_{Gz\max} = 17^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.

$$GM \text{ min} = 0.350 \quad \text{meter}$$

$$GM = 9.684 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

1	Draft Amidships m	0.588
2	Displacement t	16.17
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.585
5	Draft at AP m	0.590
6	Draft at LCF m	0.588
7	Trim (+ve by stern) m	0.005
8	WL Length m	9.173
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	44.578
11	Waterpl. Area m ²	31.618
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.946
13	Block coeff. (Cb)	0.485
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.513
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.574
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.257
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.216
18	KB m	0.327
19	KG fluid m	1.402
20	BMT m	9.357
21	BML m	12.959
22	GMt corrected m	8.282
23	GML m	11.884
24	KMt m	9.684
25	KML m	13.286
26	Immersion (TPC) tonne/	0.324

Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Public Catamaran Boat

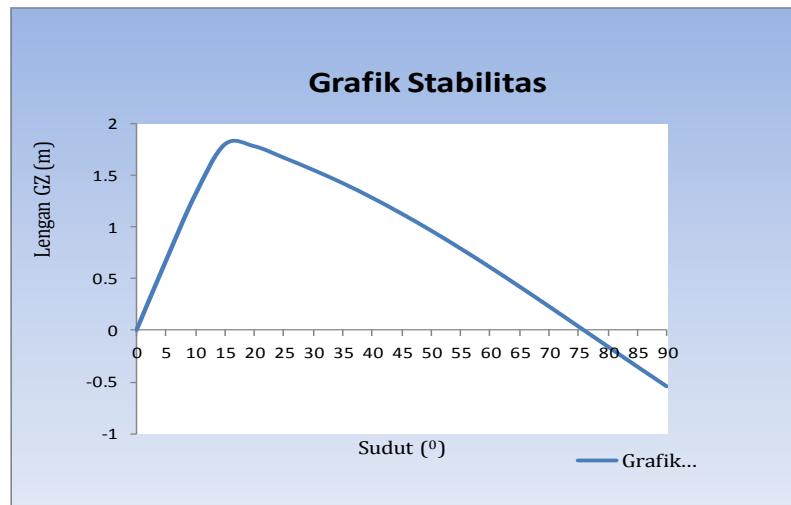
Kriteria	Nilai Stabilitas	Satuan	Kondisi
$A_{\theta_{\max}} \geq 0,075$	0.432	meter.rad	Accepted
$A_{\theta(30-40)} \geq 0,03$	0.251	meter.rad	Accepted
$GZ_{\theta_{30}} \geq 0,2$	1.563	meter	Accepted
$\theta_{GZ\max} \geq 15^\circ$	17°	derajat	Accepted
$GM \geq 0,35$	9.684	meter	Accepted

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.721	1.399	1.864	1.789	1.680	1.563	1.438	1.303	1.154	0.994	0.823	0.643	0.457	0.265	0.070	-0.128	-0.321	-0.514
2	Area under GZ curve F	0.0000	1.8118	7.1437	15.4839	24.7607	33.4098	41.5270	49.0308	55.8902	62.0395	67.4151	71.9613	75.6302	78.3838	80.1899	81.0302	80.8927	79.7755	77.6858
3	Displacement t	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17
4	Draft at FP m	0.585	0.583	0.586	0.491	0.284	0.089	-0.166	-0.425	-0.719	-1.054	-1.449	-1.933	-2.552	-3.391	-4.613	-6.607	-10.529	-22.164	n/a
5	Draft at AP m	0.590	0.591	0.584	0.538	0.352	0.137	-0.095	-0.351	-0.630	-0.942	-1.304	-1.743	-2.300	-3.050	-4.143	-5.922	-9.424	-19.822	n/a
6	WL Length m	9.173	9.253	9.327	9.379	9.377	9.376	9.376	9.375	9.374	9.375	9.376	9.384	9.382	9.403	9.419	9.449	9.529	9.602	9.603
7	Beam max extents on	6.000	5.988	5.814	5.180	3.074	3.072	3.067	3.031	2.844	2.650	2.461	2.276	2.093	1.910	1.768	1.735	1.713	1.700	1.698
8	Wetted Area m ²	44.578	44.691	43.760	36.333	32.203	32.221	32.237	32.337	32.762	33.109	33.380	33.582	33.727	33.828	33.915	33.944	33.982	34.001	34.001
9	Waterpl. Area m ²	31.618	31.423	29.348	20.767	17.821	17.649	18.470	19.224	18.686	18.134	17.683	17.110	16.669	16.292	16.007	15.772	15.641	15.587	15.611
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.946	0.936	0.923	0.909	0.907	0.908	0.905	0.905	0.903	0.900	0.895	0.890	0.885	0.879	0.873	0.866	0.855	0.845	0.842
11	Block coeff. (Cb)	0.485	0.364	0.298	0.265	0.468	0.463	0.459	0.462	0.488	0.519	0.553	0.592	0.640	0.698	0.754	0.770	0.782	0.793	0.811
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.257	-0.257	-0.258	-0.262	-0.267	-0.267	-0.268	-0.269	-0.271	-0.275	-0.279	-0.283	-0.288	-0.294	-0.299	-0.304	-0.308	-0.310	-0.312
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.216	-0.216	-0.222	-0.326	-0.165	-0.165	-0.166	-0.135	-0.108	-0.090	-0.076	-0.065	-0.055	-0.047	-0.037	-0.037	-0.032	-0.031	-0.033
14	GMt corrected m	8.282	8.181	7.091	2.171	-1.185	-1.300	-1.389	-1.469	-1.628	-1.773	-1.901	-2.010	-2.100	-2.168	-2.215	-2.242	-2.246	-2.230	-2.193
15	GML m	11.884	11.777	10.838	7.185	5.646	5.757	5.958	6.122	5.870	5.596	5.335	5.098	4.893	4.726	4.627	4.534	4.522	4.548	4.611
16	Max deck inclination de	0.0317	5.0003	10.0006	15.0027	20.0037	25.0028	30.0022	35.0018	40.0019	45.0021	50.0025	55.0028	60.0031	65.0033	70.0032	75.0028	80.0022	85.0012	90.0000

STABILITAS KONDISI C

Lengan Statis (GZ)

Sudut (°)	Lengan Gz (m)
0	0
5	0.673
10	1.317
15	1.803
20	1.784
25	1.673
30	1.554
35	1.426
40	1.284
45	1.13
50	0.966
55	0.792
60	0.611
65	0.423
70	0.231
75	0.036
80	-0.159
85	-0.354
90	-0.546



$$h = 0.087266463 \text{ radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$L_D (10^\circ) = \frac{1}{3} \times h (GZ (0^\circ) + 4GZ (5^\circ) + GZ (10^\circ))$$

$$L_D (10^\circ) = 0.117 \text{ meter radian}$$

$$L_D (20^\circ) = 0.300 \text{ meter radian}$$

$$L_D (30^\circ) = 0.292 \text{ meter radian}$$

$$L_D (40^\circ) = 0.248 \text{ meter radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

Sudut (°)	meter.rad
$L_D (10^\circ)$	0.117
$L_D (20^\circ)$	0.300
$L_D (30^\circ)$	0.292
$L_D (40^\circ)$	0.248
$L_D \text{ Total}$	0.957

Sudut Maksimum

$$GZ \text{ max} = 1.803 \text{ m} \quad ; \text{ nilai maksimum GZ dari semua sudut } (0^\circ \text{ s.d. } 90^\circ)$$

$$\text{Kolom Ke -} = 4 \quad ; \text{ nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa}$$

$$\text{Heel at GZ max} = 15^\circ \quad ; \text{ pada sudut heel berapa GZ maksimum}$$

Titik

$$\begin{aligned} X_1 &= 10 \\ X_2 &= 15 \\ X_3 &= 20 \\ Y_1 &= 1.317 \\ Y_2 &= 1.803 \\ Y_3 &= 1.784 \end{aligned}$$

Matriks

$$\begin{bmatrix} 1 & 10 & 100 \\ 1 & 15 & 225 \\ 1 & 20 & 400 \end{bmatrix}$$

Invers Matrik

$$\begin{bmatrix} 6 & -8 & 3 \\ -0.7 & 1.2 & -0.5 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{bmatrix}$$

Hasil Perkalian Matrik

$$\begin{aligned} a &= -1.17 \\ b &= 0.3497 \\ c &= -0.0101 \end{aligned}$$

$$\theta_{\max} = 17^\circ \quad ; \text{ sudut maximum}$$

$$GM = 8.074 \text{ m} \quad (\text{dari Maxsurf})$$

Untuk kapal katamaran dengan panjang kurang dari 24 meter, kriteria stabilitasnya Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

- 1 Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ ≥ 0.085 m.rad

Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad

Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari :

$$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max}) \text{ meter} - \text{radian}$$

$$\theta_{GZmax} = 17^\circ \quad (\text{antara } \theta = 15^\circ \text{ dan } 30^\circ)$$

maka

$$A_{\text{minimal}} = 0.080 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{\text{sebenarnya}} = 0.417 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 2 Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian.

$$A_{30-40 \text{ min}} = 0.030 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{30-40} = 0.248 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 3 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;

$$Gz_{30^\circ \text{ min}} = 0.200 \quad \text{meter}$$

$$Gz_{30^\circ} = 1.554 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 4 GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat

$$\theta_{Gz_{\text{max}}} \text{ min} = 15^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\theta_{Gz_{\text{max}}} = 17^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.

$$GM \text{ min} = 0.350 \quad \text{meter}$$

$$GM = 9.151 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

1	Draft Amidships m	0.620
2	Displacement t	17.19
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.624
5	Draft at AP m	0.615
6	Draft at LCF m	0.620
7	Trim (+ve by stern) m	-0.009
8	WL Length m	9.191
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	45.774
11	Waterpl. Area m ²	31.649
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.942
13	Block coeff. (Cb)	0.488
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.518
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.574
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.235
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.212
18	KB m	0.344
19	KG fluid m	1.433
20	BMT m	8.807
21	BML m	12.223
22	GMT corrected m	7.718
23	GML m	11.134
24	KMT m	9.151
25	KML m	12.567
26	Immersion (TPc) tonnef	0.324

Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Public Catamaran Boat

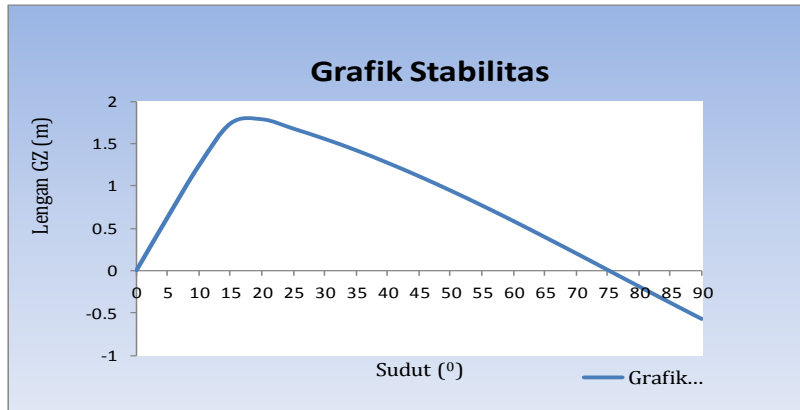
Kriteria	Nilai Stabilitas	Satuan	Kondisi
$A_{\theta_{\text{max}}} \geq 0,075$	0.417	meter.rad	Accepted
$A_{\theta_{(30-40)}} \geq 0,03$	0.248	meter.rad	Accepted
$GZ_{\theta_{30}} \geq 0,2$	1.554	meter	Accepted
$\theta_{GZ_{\text{max}}} \geq 15^\circ$	17°	derajat	Accepted
$GM \geq 0,35$	9.151	meter	Accepted

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.674	1.318	1.863	1.784	1.673	1.554	1.426	1.284	1.130	0.966	0.792	0.611	0.423	0.231	0.036	-0.159	-0.354	-0.546
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.6918	6.6859	14.6524	23.7627	32.3982	40.4732	47.9267	54.7968	60.7474	65.9921	70.3906	73.9005	76.4867	78.1230	78.7916	78.4840	77.2000	74.9489
3	Displacement t	17.19	17.20	17.20	17.26	17.19	17.19	17.20	17.20	17.26	17.20	17.20	17.19	17.19	17.19	17.19	17.19	17.19	17.19	17.19
4	Draft at FP m	0.624	0.622	0.608	0.551	0.361	0.145	-0.089	-0.349	-0.637	-0.964	-1.349	-1.818	-2.420	-3.233	-4.418	-5.349	-10.145	-21.401	n/a
5	Draft at AP m	0.615	0.616	0.611	0.573	0.402	0.188	-0.045	-0.297	-0.569	-0.873	-1.225	-1.651	-2.190	-2.915	-3.970	-5.687	-9.067	-19.105	n/a
6	WL Length m	9.191	9.270	9.346	9.405	9.410	9.410	9.409	9.409	9.410	9.413	9.419	9.428	9.440	9.456	9.482	9.528	9.602	9.602	9.602
7	Beam max extents on	6.000	5.998	5.854	5.317	3.091	3.894	3.082	2.964	2.772	2.588	2.409	2.232	2.056	1.879	1.751	1.723	1.704	1.695	1.695
8	Wetted Area m ²	45.774	45.903	45.277	40.896	33.403	33.417	33.430	33.772	34.139	34.441	34.689	34.863	35.029	35.133	35.216	35.259	35.285	35.295	35.302
9	Waterpl. Area m ²	31.649	31.566	29.931	23.526	17.050	17.678	18.501	18.397	17.949	17.529	17.119	16.725	16.360	16.049	15.807	15.618	15.502	15.459	15.502
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.942	0.937	0.934	0.926	0.917	0.916	0.915	0.914	0.911	0.907	0.902	0.896	0.890	0.883	0.876	0.867	0.856	0.853	0.850
11	Block coeff. (Cb)	0.488	0.371	0.306	0.286	0.475	0.469	0.466	0.493	0.511	0.541	0.574	0.613	0.660	0.718	0.768	0.790	0.789	0.805	0.821
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.235	-0.235	-0.237	-0.239	-0.242	-0.243	-0.244	-0.245	-0.248	-0.251	-0.256	-0.260	-0.266	-0.272	-0.277	-0.282	-0.286	-0.289	-0.291
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.212	-0.211	-0.211	-0.235	-0.156	-0.157	-0.157	-0.113	-0.094	-0.080	-0.068	-0.059	-0.051	-0.044	-0.037	-0.036	-0.037	-0.041	-0.045
14	GMT corrected m	7.718	7.680	6.860	3.498	-1.202	-1.319	-1.410	-1.548	-1.694	-1.824	-1.939	-2.037	-2.116	-2.177	-2.217	-2.238	-2.238	-2.218	-2.178
15	GML m	11.134	11.076	10.365	7.779	5.259	5.356	5.539	5.494	5.163	4.935	4.721	4.525	4.351	4.217	4.134	4.089	4.048	4.065	4.134
16	Max deck inclination de	0.9586	5.0001	10.0000	15.0005	20.0014	25.0011	30.0009	35.0009	40.0011	45.0014	50.0018	55.0022	60.0026	65.0029	70.0029	75.0026	80.0021	85.0012	90.0000

STABILITAS KONDISI D

Lengan Statis (GZ)

Sudut (°)	Lengan Gz (m)
0	0
5	0.631
10	1.242
15	1.733
20	1.780
25	1.669
30	1.548
35	1.414
40	1.266
45	1.108
50	0.94
55	0.764
60	0.581
65	0.392
70	0.2
75	0.005
80	-0.190
85	-0.383
90	-0.574



$$h = 0.087266463 \text{ radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$L_D (10^\circ) = \frac{1}{3} \times h (GZ (0^\circ) + 4GZ (5^\circ) + GZ (10^\circ))$$

$$L_D (10^\circ) = 0.110 \text{ meter radian}$$

$$L_D (20^\circ) = 0.290 \text{ meter radian}$$

$$L_D (30^\circ) = 0.291 \text{ meter radian}$$

$$L_D (40^\circ) = 0.246 \text{ meter radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

Sudut (°)	meter.rad
$L_D (10^\circ)$	0.110
$L_D (20^\circ)$	0.290
$L_D (30^\circ)$	0.291
$L_D (40^\circ)$	0.246
$L_D \text{ Total}$	0.936

Sudut Maksimum

$$GZ \text{ max} = 1.78 \text{ m} \quad ; \text{ nilai maksimum GZ dari semua sudut } (0^\circ \text{ s.d. } 90^\circ)$$

$$\text{Kolom Ke -} = 5 \quad ; \text{ nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa}$$

$$\text{Heel at GZ max} = 20^\circ \quad ; \text{ pada sudut heel berapa GZ maksimum}$$

Titik

$$\begin{aligned} X_1 &= 15 \\ X_2 &= 20 \\ X_3 &= 25 \\ Y_1 &= 1.733 \\ Y_2 &= 1.78 \\ Y_3 &= 1.669 \end{aligned}$$

Matriks

$$\begin{bmatrix} 1 & 15 & 225 \\ 1 & 20 & 400 \\ 1 & 25 & 625 \end{bmatrix}$$

Invers Matrik

$$\begin{bmatrix} 10 & -15 & 6 \\ -0.9 & 1.6 & -0.7 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{bmatrix}$$

Hasil Perkalian Matrik

$$\begin{aligned} a &= 0.644 \\ b &= 0.12 \\ c &= -0.00316 \end{aligned}$$

$$\theta_{\max} = 19^\circ \quad ; \text{ sudut maximum}$$

$$GM = 8.074 \text{ m} \quad (\text{dari Maxsurf})$$

Untuk kapal katamaran dengan panjang kurang dari 24 meter, kriteria stabilitasnya Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

- 1 Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ ≥ 0.085 m.rad

Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad

Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ_{GZmax} tidak boleh kurang dari :

$$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta_{GZ \text{ Max}}) \text{ meter} - \text{radian}$$

$$\theta_{GZmax} = 19^\circ \quad (\text{antara } \theta = 15^\circ \text{ dan } 30^\circ)$$

maka

$$A_{\text{minimal}} = 0.077 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{\text{sebenarnya}} = 0.399 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 2 Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian.

$$A_{30-40 \text{ min}} = 0.030 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{30-40} = 0.246 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 3 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;

$$Gz_{30^\circ \text{ min}} = 0.200 \quad \text{meter}$$

$$Gz_{30^\circ} = 1.548 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 4 GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat

$$\theta_{Gz_{\text{max}}} \text{ min} = 15^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\theta_{Gz_{\text{max}}} = 19^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.

$$GM \text{ min} = 0.350 \quad \text{meter}$$

$$GM = 8.680 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

1	Draft Amidships m	0.652
2	Displacement t	18.22
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.663
5	Draft at AP m	0.640
6	Draft at LCF m	0.651
7	Trim (+ve by stern) m	-0.023
8	WL Length m	9.208
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	46.967
11	Waterpl. Area m ²	31.680
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.932
13	Block coeff. (Cb)	0.486
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.523
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.573
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.216
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.207
18	KB m	0.360
19	KG fluid m	1.460
20	BMT m	8.320
21	BML m	11.572
22	GMt corrected m	7.221
23	GML m	10.473
24	KMT m	8.680
25	KML m	11.932
26	Immersion (TPC) tonne/	0.325

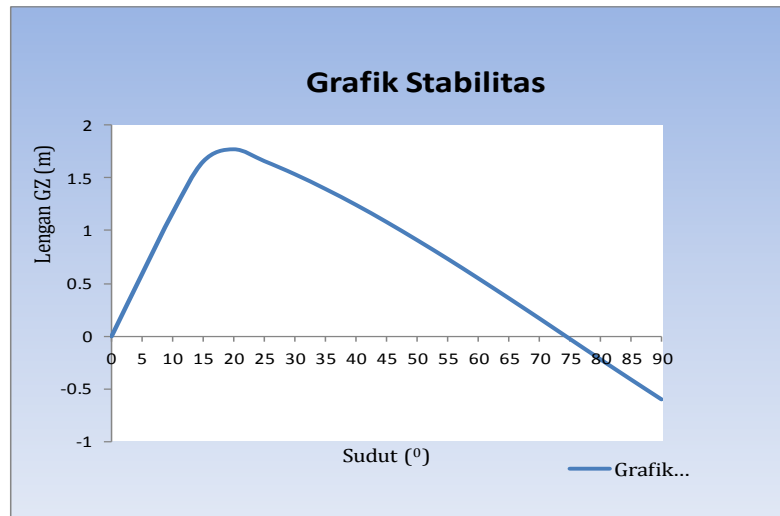
Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Public Catamaran Boat

Kriteria	Nilai Stabilitas	Satuan	Kondisi
$A_{\theta_{\text{max}}} \geq 0,075$	0.399	meter.rad	Accepted
$A_{\theta_{(30-40)}} \geq 0,03$	0.246	meter.rad	Accepted
$GZ_{\theta_{30}} \geq 0,2$	1.548	meter	Accepted
$\theta_{GZ_{\text{max}}} \geq 15^\circ$	19°	derajat	Accepted
$GM \geq 0,35$	8.680	meter	Accepted

Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1 GZ m	0.000	0.631	1.243	1.733	1.780	1.689	1.548	1.414	1.266	1.108	0.940	0.764	0.581	0.392	0.200	0.005	-0.190	-0.383	-0.574
2 Area under GZ curve f	0.0000	1.5834	6.2774	13.8528	22.7841	31.4205	39.4642	46.8746	53.5790	59.5188	64.6427	68.9057	72.2698	74.7041	76.1855	76.6991	76.2385	74.8056	72.4112
3 Displacement t	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22
4 Draft at FP m	0.663	0.661	0.650	0.604	0.436	0.219	-0.014	-0.269	-0.551	-0.870	-1.243	-1.701	-2.284	-3.072	-4.218	-5.685	-7.511	-9.751	-12.416
5 Draft at AP m	0.640	0.641	0.637	0.605	0.452	0.238	0.006	-0.240	-0.506	-0.802	-1.146	-1.557	-2.078	-2.778	-3.797	-5.154	-6.915	-9.139	-11.839
6 WL Length m	9.208	9.287	9.364	9.424	9.435	9.434	9.434	9.435	9.438	9.444	9.454	9.467	9.484	9.509	9.547	9.602	9.602	9.602	9.602
7 Beam max extents on	6.000	6.008	5.902	5.429	3.108	3.115	3.068	2.875	2.696	2.523	2.353	2.185	2.017	1.848	1.730	1.708	1.693	1.687	1.689
8 Wetted Area m ²	46.967	47.102	46.709	42.844	34.619	34.622	34.813	35.319	35.828	36.055	36.055	36.223	36.358	36.468	36.531	36.572	36.596	36.609	36.614
9 Waterpl. Area m ²	31.680	31.673	30.412	25.311	17.105	17.724	18.063	17.438	17.077	16.800	16.526	16.249	15.982	15.752	15.546	15.399	15.312	15.302	15.375
10 Prismatic coeff. (Cp)	0.932	0.927	0.927	0.931	0.926	0.925	0.925	0.923	0.919	0.914	0.909	0.902	0.895	0.887	0.878	0.868	0.864	0.861	0.858
11 Block coeff. (Cb)	0.486	0.375	0.309	0.289	0.480	0.475	0.479	0.507	0.535	0.564	0.587	0.635	0.688	0.737	0.783	0.791	0.804	0.818	0.832
12 LCB from zero pt. (+ve)	-0.216	-0.216	-0.217	-0.219	-0.221	-0.222	-0.222	-0.223	-0.226	-0.230	-0.233	-0.239	-0.245	-0.251	-0.256	-0.262	-0.266	-0.269	-0.271
13 LCF from zero pt. (+ve)	-0.207	-0.206	-0.202	-0.198	-0.191	-0.184	-0.175	-0.165	-0.154	-0.142	-0.129	-0.115	-0.101	-0.086	-0.069	-0.051	-0.033	-0.015	0.003
14 GML m	10.473	10.443	9.913	7.962	4.955	5.025	5.023	4.713	4.488	4.302	4.135	3.981	3.848	3.752	3.680	3.610	3.594	3.626	3.709
16 Max deck inclination de	0.1453	5.0016	10.0003	15.0000	20.0002	25.0002	30.0002	35.0003	40.0005	45.0008	50.0011	55.0016	60.0021	65.0024	70.0025	75.0024	80.0019	85.0011	90.0000

STABILITAS KONDISI E

Lengan Statis (GZ)	
Sudut (°)	Lengan Gz (m)
0	0
5	0.593
10	1.174
15	1.662
20	1.778
25	1.666
30	1.541
35	1.401
40	1.25
45	1.087
50	0.915
55	0.737
60	0.552
65	0.363
70	0.171
75	-0.024
80	-0.218
85	-0.410
90	-0.599



$$h = 0.087266 \text{ radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$L_D (10^\circ) = \frac{1}{3} \times h (GZ (0^\circ) + 4GZ (5^\circ) + GZ (10^\circ))$$

$$L_D (10^\circ) = 0.103 \text{ meter radian}$$

$$L_D (20^\circ) = 0.279 \text{ meter radian}$$

$$L_D (30^\circ) = 0.290 \text{ meter radian}$$

$$L_D (40^\circ) = 0.244 \text{ meter radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

Sudut (°) meter.rad

$L_D (10^\circ)$ 0.103

$L_D (20^\circ)$ 0.279

$L_D (30^\circ)$ 0.290

$L_D (40^\circ)$ 0.244

L_D Total 0.917

Sudut Maksimum

$$GZ \text{ max} = 1.778 \text{ m} \quad ; \text{ nilai maksimum GZ dari semua sudut } (0^\circ \text{ s.d. } 90^\circ)$$

$$\text{Kolom Ke -} = 5 \quad ; \text{ nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa}$$

$$\text{Heel at GZ max} = 20^\circ \quad ; \text{ pada sudut heel berapa GZ maksimum}$$

Titik

X_1	=	15
X_2	=	20
X_3	=	25
Y_1	=	1.662
Y_2	=	1.778
Y_3	=	1.666

Matriks

$$\begin{Bmatrix} 1 & 15 & 225 \\ 1 & 20 & 400 \\ 1 & 25 & 625 \end{Bmatrix}$$

Invers Matrik

$$\begin{Bmatrix} 10 & -15 & 6 \\ -0.9 & 1.6 & -0.7 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{Bmatrix}$$

Hasil Perkalian Matrik

a	=	-0.054
b	=	0.1828
c	=	-0.00456

$$\theta_{\max} = 20^\circ \quad ; \text{ sudut maximum}$$

$$GM = 8.074 \text{ m} \quad (\text{dari Maxsurf})$$

Untuk kapal katamaran dengan panjang kurang dari 24 meter, kriteria stabilitasnya Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

- 1 Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ ≥ 0.085 m.rad

Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad

Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ_{GZmax} tidak boleh kurang dari :

$$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta_{GZ \text{ Max}}) \text{ meter.radian}$$

$$\theta_{GZmax} = 20^\circ \quad (\text{antara } \theta = 15^\circ \text{ dan } 30^\circ)$$

maka

$$A_{\text{minimal}} = 0.075 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{\text{sebenarnya}} = 0.382 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 2 Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian.

$$A_{30-40 \text{ min}} = 0.030 \quad \text{meter.rad}$$

$$A_{30-40} = 0.244 \quad \text{meter.rad}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 3 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;

$$Gz_{30^\circ \text{ min}} = 0.200 \quad \text{meter}$$

$$Gz_{30^\circ} = 1.541 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 4 GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat

$$\theta_{Gz_{\text{max}}} \text{ min} = 15^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\theta_{Gz_{\text{max}}} = 20^\circ \quad \text{derajat}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.

$$GM \text{ min} = 0.350 \quad \text{meter}$$

$$GM = 8.262 \quad \text{meter}$$

$$\text{Kondisi} = \text{Accepted}$$

Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Public Catamaran Boat

No	Kriteria	Nilai Stabilitas	Satuan	Kondisi
1	$A_{\theta_{\text{max}}} \geq 0,075$	0.382	meter.rad	Accepted
2	$A_{\theta_{30-40}} \geq 0,03$	0.244	meter.rad	Accepted
3	$GZ_{\theta_{30}} \geq 0,2$	1.541	meter	Accepted
4	$\theta_{GZ_{\text{max}}} \geq 15^\circ$	20°	derajat	Accepted
5	$GM \geq 3.5$	8.262	meter	Accepted

1	Draft Amidships m	0.684
2	Displacement t	19.24
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.702
5	Draft at AP m	0.665
6	Draft at LCF m	0.683
7	Trim (+ve by stern) m	-0.038
8	VWL Length m	9.225
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	48.160
11	Waterpl. Area m ²	31.711
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.923
13	Block coeff. (Cb)	0.485
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.527
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.573
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.198
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.203
18	KB m	0.377
19	KG fluid m	1.484
20	BMT m	7.655
21	BML m	10.990
22	GMT corrected m	6.778
23	GML m	9.883
24	KML m	8.262
25	KML m	11.367
26	Immersion (TPc) tonne/	0.325

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.580	1.174	1.662	1.778	1.666	1.541	1.402	1.250	1.087	0.916	0.738	0.553	0.364	0.172	-0.023	-0.217	-0.409	-0.599
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.4855	5.9097	13.1055	21.8550	30.5030	38.5190	45.8856	52.5188	58.3660	63.3790	67.5179	70.7488	73.0445	74.3851	74.7584	74.1599	72.5939	70.0726
3	Displacement t	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24
4	Draft at FP m	0.702	0.700	0.690	0.653	0.599	0.294	0.064	-0.185	-0.460	-0.771	-1.134	-1.578	-2.144	-2.909	-4.012	-5.811	-9.343	-19.808	n/a
5	Draft at AP m	0.665	0.666	0.663	0.637	0.503	0.288	0.060	-0.180	-0.439	-0.728	-1.062	-1.461	-1.965	-2.638	-3.623	-5.221	-8.365	-17.699	n/a
6	VWL Length m	9.225	9.305	9.382	9.440	9.459	9.459	9.460	9.463	9.469	9.477	9.490	9.507	9.530	9.563	9.601	9.601	9.602	9.602	9.602
7	Beam max extents on	6.000	6.015	5.945	5.585	3.127	3.138	2.958	2.778	2.614	2.454	2.295	2.137	1.977	1.816	1.702	1.687	1.678	1.676	1.682
8	Wetted Area m ²	48.160	48.303	48.072	45.169	35.847	35.834	36.485	36.971	37.258	37.399	37.520	37.633	37.734	37.812	37.873	37.908	37.927	37.940	37.944
9	Waterpl. Area m ²	31.711	31.763	30.806	26.696	17.189	17.788	17.017	16.397	16.054	15.916	15.798	15.658	15.504	15.352	15.220	15.128	15.092	15.119	15.218
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.923	0.916	0.917	0.922	0.926	0.929	0.929	0.930	0.926	0.921	0.915	0.907	0.899	0.889	0.881	0.876	0.872	0.868	0.866
11	Block coeff. (Cb)	0.485	0.378	0.312	0.287	0.482	0.477	0.504	0.532	0.559	0.587	0.619	0.656	0.701	0.755	0.801	0.810	0.828	0.832	0.844
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.198	-0.199	-0.199	-0.200	-0.202	-0.202	-0.202	-0.204	-0.206	-0.210	-0.213	-0.219	-0.225	-0.233	-0.237	-0.243	-0.247	-0.250	-0.252
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.203	-0.201	-0.195	-0.169	-0.117	-0.127	-0.108	-0.090	-0.077	-0.067	-0.061	-0.054	-0.050	-0.047	-0.049	-0.053	-0.057	-0.061	-0.066
14	GMT corrected m	6.778	6.810	6.369	4.417	-1.221	-1.340	-1.519	-1.675	-1.804	-1.911	-2.003	-2.080	-2.142	-2.188	-2.217	-2.227	-2.218	-2.196	-2.143
15	GML m	9.883	9.877	9.478	8.022	4.729	4.756	4.387	4.064	3.835	3.687	3.565	3.454	3.354	3.272	3.210	3.178	3.185	3.231	3.321
16	Max deck inclination de	0.2334	5.0046	10.0014	15.0003	20.0000	25.0000	30.0000	35.0000	40.0001	45.0003	50.0006	55.0011	60.0016	65.0021	70.0022	75.0021	80.0017	85.0010	90.0000

Building Cost				
Baja Kapal & Elektroda	No	Item	Value	Unit
	1	Lambung Kapal (hull)		
		(tebal pelat lambung = 6 mm, jenis material = baja)		
		Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2017 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
		Harga	600.00	USD/ton
		Berat hull	6.27	ton
		Harga Lambung Kapal (hull)	3763.70	USD
	2	Geladak Kapal (deck)		
		(tebal pelat geladak = 5 mm, jenis material = baja)		
		Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2017 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
		Harga	600.00	USD/ton
		Berat geladak	2.22	ton
		Harga Lambung Kapal (deck)	1331.40	USD
	3	Konstruksi Lambung		
		Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2017 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
		Harga	600.00	USD/ton
		Berat konstruksi	1.415	ton
		Harga Konstruksi Lambung	848.8	USD
		4	Ruang Navigasi	
	(tebal pelat geladak = 5 mm, jenis material = baja)			
	Harga		600.00	USD/ton
	Berat Ruang Navigasi		0.801	ton
	Harga Ruang Navigasi		480.4	USD
	5		Elektroda	
		(diasumsikan 6% dari berat baja kapal) Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com		
		Harga	500	USD/ton
		Berat baja kapal total (hull, deck, konst, atap)	0.642	ton
Harga Elektroda		321	USD	
6		Atap Kapal		
	(tebal pelat geladak = 5 mm, jenis material = baja)			
	Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2017 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)			
	Harga	600.0	USD/m ²	
	Luas atap kapal	9.00	m ²	
	total	5,400	USD	
Total Harga Baja Kapal		12146	USD	

	No	Item	Value	Unit
Equipment & Outfitting	1	Railing		
		(pipa aluminium $d = 50\text{ mm}$, $t = 3\text{ mm}$)		
		Sumber: www.metaldepot.com		
		Harga	35.00	USD/m
		Panjang railing dan tiang penyangga	9.60	m
		total	336	USD
	2	Conveyor		USD
		Loading Conveyor	650	USD
		Storage Conveyor	672	USD
		Offloading Conveyor	650	USD
		total	1972	USD
	3	Kaca Polycarbonate		
		(kaca polycarbonate, $t = 3\text{ mm}$)		
		Sumber: www.alibaba.com/product-detail/FLOAT-Glass-TEMPERED.html		
		Harga	6.4	USD/m ²
		Luas Kaca Navigasi	3.00	m ²
		total	19	USD
	4	Paddle Wheel		
		Harga per unit (diasumsikan)	2,000	USD
		total harga	2,000	USD
	5	Kursi Operator		
		Sumber: www.alibaba.com		
		Jumlah	2	unit
		Harga per unit	120	USD
		Total Harga Kursi	240	USD
	6	Peralatan Navigasi & Komunikasi		
		a. Peralatan Navigasi		
		Kompas	60	USD
		GPS	850	USD
		Telescope Binocular	60	USD
		Harga Peralatan Navigasi	970	USD
		b. Peralatan Komunikasi		
		Radiotelephone		
		Jumlah	1	Set
		Harga per set	172	USD
		Harga total	172	USD
	Total Harga Equipment & Outfitting		5709	USD

Permesinan	c	Item	Value	Unit
	1	Inboard Motor		
		(dua unit Inboard motor Lenze)		
		Jumlah inboard motor	2	unit
		Harga per unit	6,100	USD/unit
		Harga Inboard Motor	12200	USD
	2	Komponen Kelistrikan		
		saklar, kabel, dll		
		Diasumsikan sebesar	300	USD
		Harga Komponen Kelistrikan	300	USD
	3	Genset		
		(2 unit Genset merk Caterpillar Tipe C2.2)		
		Jumlah Genset	2	unit
		Harga per unit	7995	USD/unit
		Harga Genset	15990	USD
	4	Baterai		
		(2 unit Elco E Power)		
		Jumlah Baterai	2	unit
		Harga per unit	3400	USD/unit
		Harga Baterai	6800	USD
	5	Motor Listrik untuk Winch dan Conveyor		
		Jumlah Motor Listrik	2	
		Harga per unit	2168	USD/Unit
		Harga Motor Listrik	4336	USD
		Total Harga permesinan	39626	USD

Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal

No	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal & Elektroda	12146	USD
2	Equipment & Outfitting	5709	USD
3	Permesinan	39626	USD
	Total Harga (USD)	57481	USD
	Kurs Rp - USD (per 1 Mei 2018, BI)	14100	Rp/USD
	Total Harga (Rupiah)	810,478,634	Rp

Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

sumber: Tugas Akhir "Studi Perancangan Trash-Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta", 201

No	Item	Value	Unit
1	Jasa Pembangunan Kapal		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Keuntungan Galangan	81,047,863	Rp
2	Biaya Untuk Inflasi		
	5% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Inflasi	40,523,932	Rp
3	Biaya Pajak Pemerintah		
	15% PPH	121,571,795	
	10% PPN	81,047,863	
	Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi	324,191,454	Rp

Jadi, total harga kapal adalah

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya Pembangunan Awal} + \text{Jasa Pembangunan} + \text{Biaya Inflasi} + \text{Pajak Pemerintah} \\
 &= \text{Rp} \quad \quad \quad \mathbf{1,134,670,088}
 \end{aligned}$$

The background of the entire page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized 'S' and 'T' inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern, with some logos partially obscured by the text at the bottom.

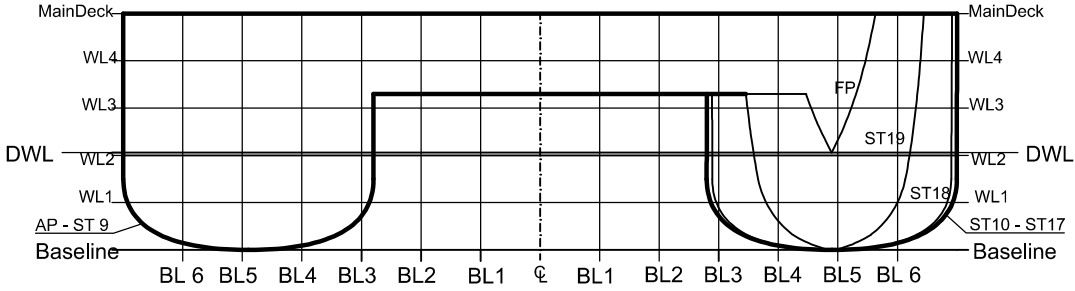
LAMPIRAN C

GAMBAR *LINES PLAN*

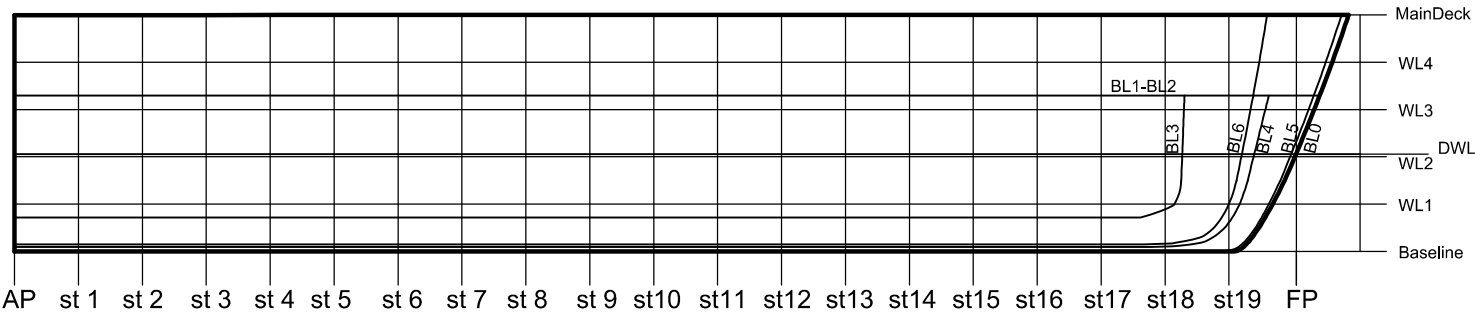
OFFSET TABLE OF WATERLINE

ST \ WL	Outer Hull							Inner Hull					
	Baseline	WL 1	WL 2	DWL	WL 3	WL 4	MainDeck	Baseline	WL 1	WL 2	DWL	WL 3	Deck Tunnel
ST AP	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 1	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 2	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 3	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 4	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 5	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 6	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 7	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 8	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 9	2,100	2,969	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 10	2,100	2,601	2,664	2,675	2,674	2,674	2,675	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 11	2,100	2,583	2,644	2,655	2,653	2,654	2,656	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 12	2,100	2,563	2,621	2,633	2,631	2,631	2,634	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 13	2,100	2,538	2,592	2,607	2,602	2,603	2,608	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 14	2,100	2,508	2,559	2,576	2,568	2,570	2,578	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 15	2,100	2,472	2,519	2,539	2,528	2,531	2,542	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 16	2,100	2,472	2,469	2,496	2,479	2,484	2,499	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 17	2,100	2,370	2,407	2,443	2,419	2,425	2,448	2,100	1,230	1,199	1,200	1,200	
ST 18	2,100	2,291	2,324	2,378	2,339	2,350	2,386	2,100	1,643	1,549	1,549	1,502	1,480
ST 19	2,100	0,000	0,000	2,294	2,228	2,246	2,306	2,100	1,643	1,549	2,081	2,171	2,000
ST FP	2,100	0,000	0,000	2,100	2,238	2,340	2,412	0,000	0,000	0,000	2,100	1,950	1,913

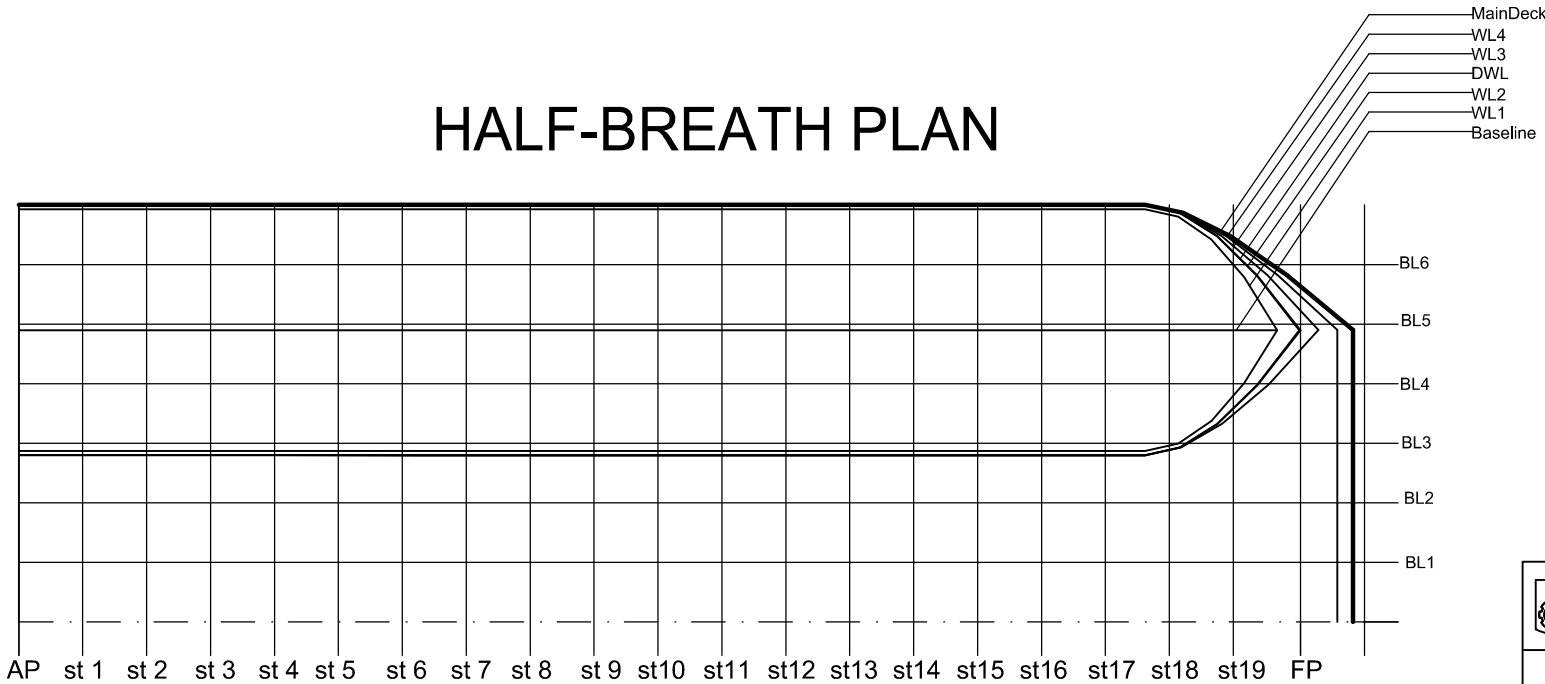
BODY PLAN



SHEER PLAN




HALF-BREATH PLAN



OFFSET TABLE OF BUTTOCKLINE

WL \ ST	BL 1	BL 2	BL 3	BL 4	BL 5	BL 6
ST AP	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 1	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 2	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 3	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 4	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 5	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 6	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 7	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 8	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 9	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 10	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 11	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 12	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 13	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 14	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 15	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 16	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 17	1,121	1,121	0,244	0,030	0,000	0,049
ST 18	1,121	1,121	0,296	0,034	0,000	0,055
ST 19	1,121	1,121	1,121	0,233	0,009	0,374
ST FP	1,121	1,121	1,121	1,121	0,782	

PRINCIPAL DIMENSIONS	
LENGTH OVER ALL (LOA)	9.6 m
LENGTH WATER LINE (Lwl)	9.2 m
BREADTH (B)	6 m
HEIGHT (H)	1.73m
DRAUGHT (T)	0.7 m
BLOCK COEFFICIENT (Cb)	0.5

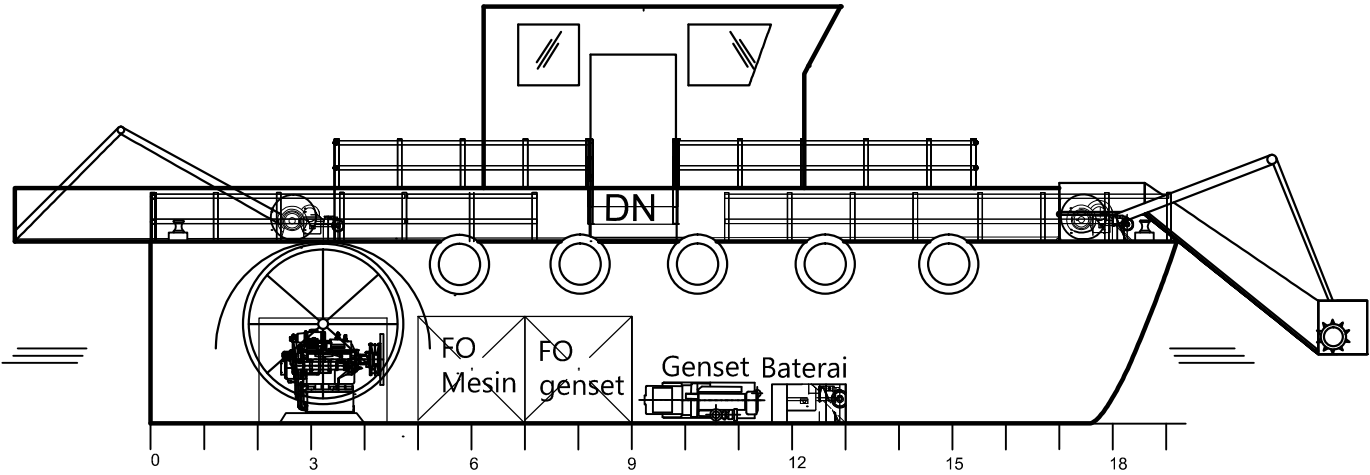
		DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING ENGINEERING FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
WEED AQUATIC AND TRASH SKIMMER BOAT			
LINES PLAN			
SCALE : 1 : 100		SIGNATURE	NRP : 4114100063
DRAWN BY : ARIEF EGA PRATAMA			NOTES :
CHECKED BY : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M. Sc			A3
APPROVED BY : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M. Sc			

The background of the entire page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized 'S' and 'T' inside, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font. The logos are arranged in a grid-like pattern, with some logos partially obscured by the text at the bottom.

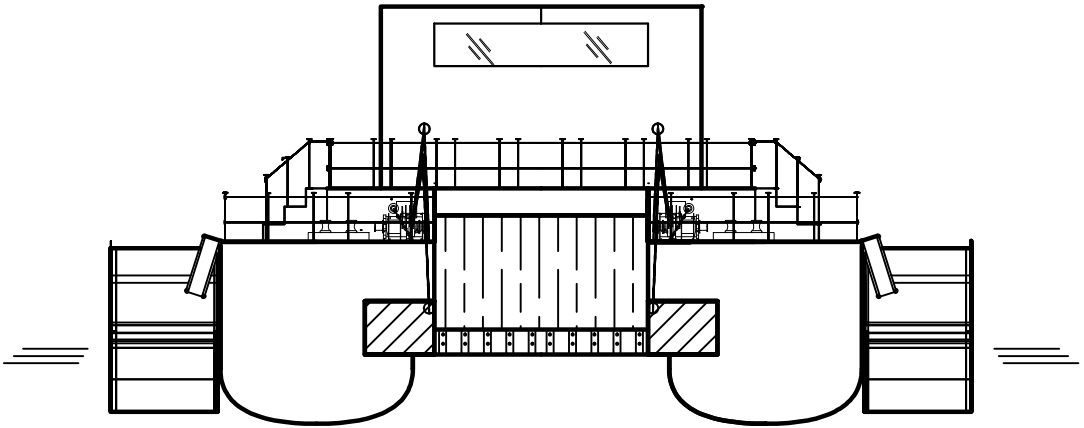
LAMPIRAN D

GAMBAR *GENERAL ARRANGEMENT*

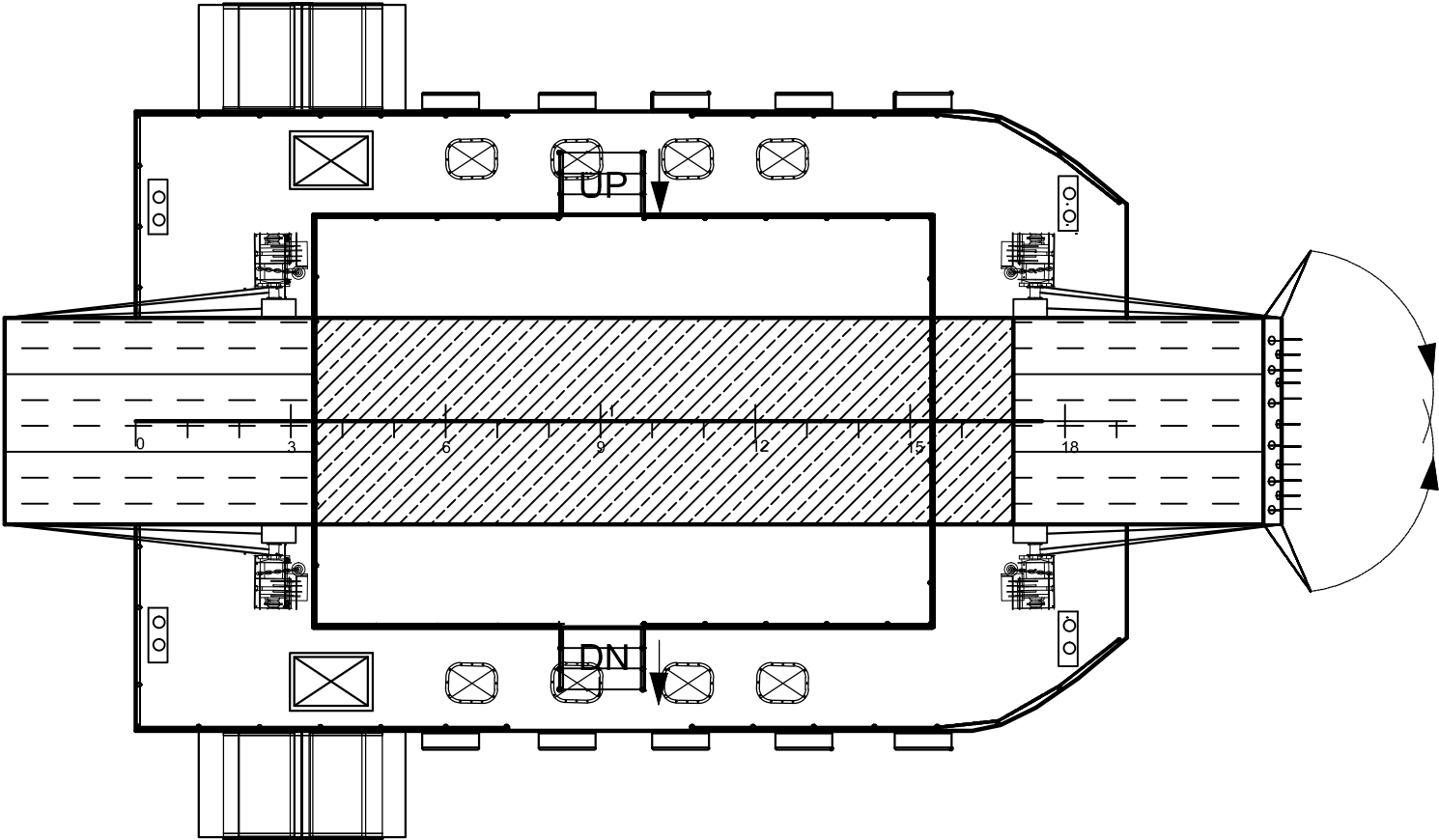
SIDE ELEVATION



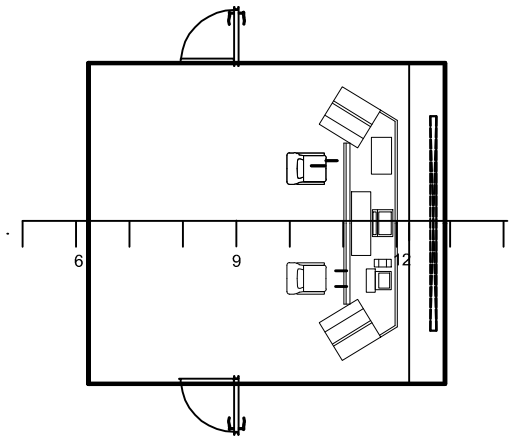
FRONT ELEVATION



MAIN DECK



NAVIGATION DECK



PRINCIPAL DIMENSIONS	
LENGTH OVER ALL (LOA)	9.6 m
LENGTH WATER LINE (Lwl)	9.2 m
BREADTH (B)	6 m
HEIGHT (H)	1.73m
DRAUGHT (T)	0.7 m
BLOCK COEFFICIENT (Cb)	0.5

		DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING ENGINEERING FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	
WEED AQUATIC AND TRASH SKIMMER BOAT			
GENERAL ARRANGEMENT			
SCALE	: 1 : 100	SIGNATURE	NRP : 4114100063
DRAWN BY	: ARIEF EGA PRATAMA		NOTES :
CHECKED BY	: Ir. Hesty Anita Kurniawati, M. Sc		
APPROVED BY	: Ir. Hesty Anita Kurniawati, M. Sc		
			A3

The background of the entire page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a blue shield-like shape containing a white emblem, with the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian and English below it.

LAMPIRAN E

3D MODEL

PERFORMANCE / CAPABILITIES

AQUATIC WEED AND TRASH SKIMMER BOAT

CUTTING / HARVESTING

- 2' wide x 0.6' cutting depth, Including 0.3' side mounted vertical cutters
- Horizontal and vertical oscillating sickle bars ensure "clean" cut
- Frontal swing arm impact protection with spring tensioner

PRODUCTIVITY:

- Efficiently skimmer and harvest up to 6 acres/hour
- Top end Speed 2.6 m/s
- Two persons operation

MANEUVERABILITY

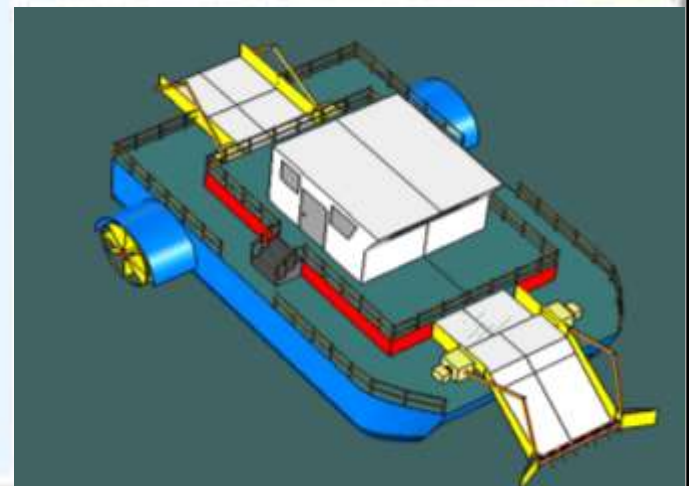
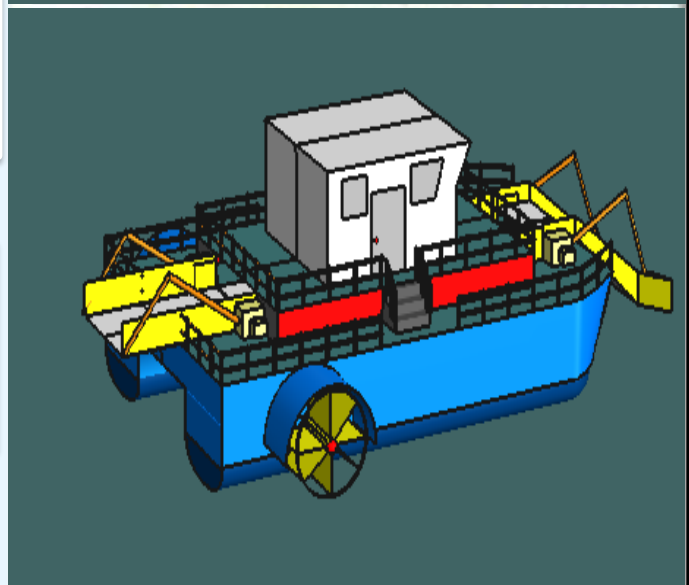
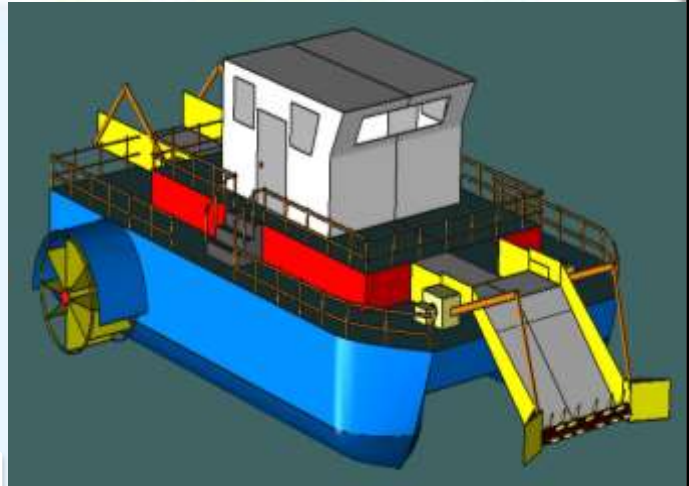
- Skimmer in and around small river
- 0.7" draft empty
- 0.6" draft with max load
- Great for shallow water operation

CAPACITY

- L = 9.2"
- B = 6"
- H = 1.7"
- Displ = 19.32 ton
- Payload = 4 ton

DURABILITY

- Steel hull construction
- Interrol Belt Conveyor
- Catamaran Hull



The background of the entire page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized building and the letters 'ITS' to its right, all in a light blue color.

LAMPIRAN F

KATALOG

PADDLE WHEEL

	<i>Aquatic Plant Harvester Model FXB-11</i>	
	<i>Imperial (US)</i>	<i>Metric</i>
Dimensions		
<i>Shipping (L x W X H)</i>	<i>46'-0" x 12'-0" x 10'-0"</i>	<i>14,03 x 3,66 x 3,05M</i>
<i>Operating (L x W x H)-min</i>	<i>46'-0" x 19'-4" x 9'-0"</i>	<i>14,03 x 5,89 x 2,74M</i>
<i>Shipping Weight</i>	<i>18,000 lb.</i>	<i>8165 KG</i>
<i>Hull (Length x Beam)</i>	<i>28'-0" x 12'-0"</i>	<i>8,53 x 3,66</i>
<i>Draft Empty</i>	<i>13"/24"</i>	<i>33/61 CM</i>
Cutting Capacity		
<i>Width</i>	<i>11' – 0"</i>	<i>3,35M</i>
<i>Depth</i>	<i>6'-9"</i>	<i>2,06M</i>
<i>Storage Capacity</i>		
<i>Weight</i>	<i>15,000 lb</i>	<i>6805 KG</i>
<i>Volume</i>	<i>1000 Cu. Ft.</i>	<i>28,32 Cu. Meter</i>
Power Plant		
<i>Location</i>	<i>Upper Deck</i>	
<i>Type</i>	<i>Diesel Engine, Air/Oil Cooled</i>	
<i>PowerOutput(Net,Cont</i>	<i>75 hp @ 2500 RPM</i>	<i>56 kW @ 2500 RPM</i>
<i>Fuel Capacity</i>	<i>30 US Gallons</i>	<i>114 Liters</i>
<i>Electric System</i>	<i>12 Volt DC Circuit, Includes Electric Engine Start & Monitoring Gauge Package</i>	
Hydraulic System		
<i>Pumps</i>	<i>(2) Variable Displacement Piston Pumps</i>	
<i>Controls</i>	<i>(2)Remotely Controlled, Variable Volume Valve Banks (Load Sensed)</i>	
<i>HydraulicTankCapacity</i>	<i>65 US Gallons (2 Tanks)</i>	<i>246 Liters</i>
<i>Filtration</i>	<i>10 Micron Return Filters</i>	
Propulsion		
<i>Type</i>	<i>(2) Bi-directional Paddle Wheels</i>	
<i>Drive Unit</i>	<i>(2) Variable Speed, Controlled Hydraulic/Mechanical Wheel Drives</i>	
Paddle Wheel Size	<i>42" Wide x 60" Dia</i>	<i>107 CM x 152 CM</i>
<i>Deployment</i>	<i>Hydraulic Power Tilt System for "Up"Transport Position& "Down"Operating Position</i>	

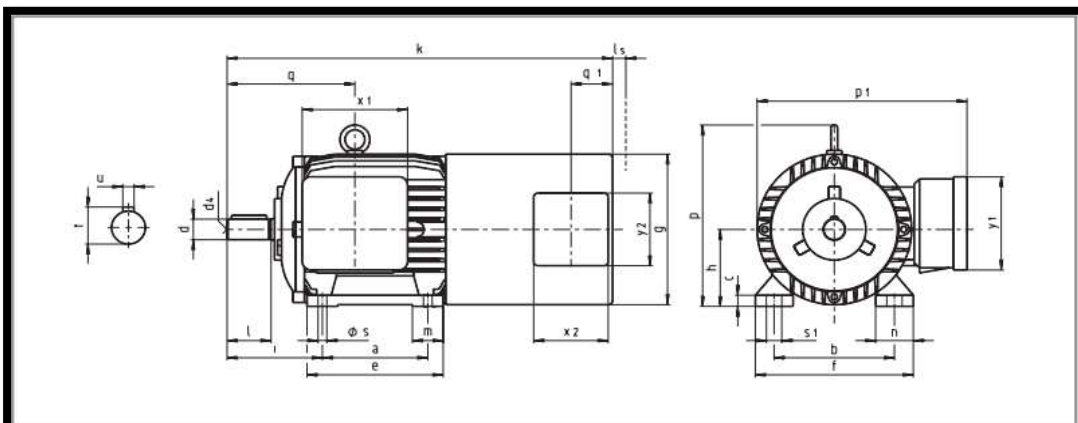
MESIN UTAMA

MGFRK 132-22

Technical data

Data refers to: - Form factor - Enclosure - Cooling (forced ventilation) - Continuous operation - Insulation class	$F_F = 1.05$ IP 54 IC 0541 S1 F
Total weight Inertia	$m = 84 \text{ kg}$ $J = 0.0411 \text{ kgm}^2$
Field excitation	$U_f = 210 \text{ V } I_f = 1.1 \text{ A}$ $U_f = 360 \text{ V } I_f = 0.6 \text{ A}$
A-side bearing B-side bearing	6308-2RSR-C3 6208-2RSR-C3
Carbon brushes	a) $10 \times 16 \times 20$ b) $10 \times 12.5 \times 20$
Permissible shaft load for $L/2$ and n_H - reinforced bearing	$F_r = 2200 \text{ N}$ $F_a = 1100 \text{ N}$ $F_{rr} = 4500 \text{ N}$
Fan variant	220-240 V, 50-60 Hz, 0.55 A 380-460 V, 50-60 Hz, 0.22 A
Cooling variant	IC 0641/0741
Cooling air volume Pressure drop	220 m ³ /h 63 Pa

P kW	Speed n at voltage min ⁻¹				η_p min ⁻¹	η_{Mach} min ⁻¹	M Nm	I_{AN} A	I_{Amax} A	L_A mH	$R_a 125^*$ Ω	Carbon brushes	
	280 V	420 V	460 V									Quantity	Variant
1.6	540	-	-	-	1600	4000	29.2	7.7	24	70.0	7.28	4	a
2.7	-	880	-	-	2650	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
3.0	-	-	1000	-	3000	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
3.1	930	-	-	-	2800	4000	31.5	13.5	40	27.3	2.82	4	a
4.9	-	1450	-	-	4000	4000	31.3	13.5	40	27.3	2.82	4	a
5.4	-	-	1600	-	4000	4000	31.2	13.5	40	27.3	2.82	4	a
4.0	1200	-	-	-	3600	4000	32.3	17.1	52	17.5	1.79	4	a
6.3	-	1900	-	-	4000	4000	32.0	17.1	52	17.5	1.79	4	a
6.9	-	-	2050	-	4000	4000	31.9	17.1	52	17.5	1.79	4	a
5.0	1450	-	-	-	4000	4000	32.5	20.7	62	13.9	1.23	4	a
7.7	-	2300	-	-	4000	4000	32.4	20.7	62	13.9	1.23	4	a
8.4	-	-	2500	-	4000	4000	31.9	20.7	62	13.9	1.23	4	a
6.2	1850	-	-	-	4000	4000	32.0	25.5	78	7.6	0.789	4	a
9.6	-	2900	-	-	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a
10.6	-	-	3200	-	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a



R.H.S. terminal box position (standard)

L.H.S. terminal box position possible (from MGFRK 132)

Shaft end to DIN 748T3

Key to DIN 6885, sheet 1


Dimensions to DIN (a, b, c...), IEC (B, A, HA...)

ls = service clearance


Motor type	a B	b A	c HA	e BB	f AB	h H	i -	m BA	n AA	p -	p1 -	q -	x1 -	y1 -	s K	s1 -
MGFRK 090-22	125	140	13	155	180	90	106	35	43	-	241	146	120	110	10	18
MGFRK 100-22	140	160	14	175	200	100	123	37.5	48	-	256	162	120	110	11	21
MGFRK 112-22	140	190	14	175	235	112	130	37.5	56	267	282	160	120	110	11	21
MGFRK 132-22	178	216	16	218	260	132	169	40	55	306	332	258	170	170	12	22
MGFRK 160-32	254	254	22	304	318	160	218	58	70	360	385	345	170	170	14	23

GENERATOR SET

C2.2



3054



RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

	Gen Set					
	ekW @.8pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	21.0	26.0	NA	1800	1.63	6.2
50 Hertz	17.5	22.0	NA	1500	1.37	5.2

Gen Set

	ekW @1.0pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	21.5	21.5	NA	1800	1.63	6.2
50 Hertz	18.0	18.0	NA	1500	1.37	5.2

Fuel use reflects SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Caterpillar representative for details.

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION



	Gen Set					
	ekW @.8pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	40	50	NA	1800	3.3	12.5
50 Hertz	72	90	T	1800	5.2	20.3
	34	43	NA	1500	2.7	10.4
	60	75	T	1500	4.5	17.3

Gen Set

	ekW @1.0pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	37	37	NA	1800	3.3	12.5
50 Hertz	32	32	NA	1500	2.7	10.4

Fuel use reflects SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Caterpillar representative for details.



	L in/mm	H in/mm	WE in/mm
Open Set	45/1147	32/825	20.5/521
Enclosed Set	46/1170	32/825	24/608

In-Line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel

Bore x Stroke	3.31 x 3.94 in	84 x 100 mm
Displacement	135 cu in	2.2 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise	
Generator set weight (approx)	857/1027 lb	389/466 kg

	LE in/mm	LG in/mm	H in/mm	WE in/mm
min.	NA	54.9/1394	46.7/1186	28.9/735
max.	NA	54.9/1394	46.7/1186	28.9/735


In-Line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel

Bore x Stroke	3.94 x 5.0 in	100 x 127 mm
Displacement	243 cu in	4.0 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise	
Generator set weight (approx)	1576-1587 lb	715-720 kg

41

42

BATERAI



E-POWER ELECTRIC PERFORMANCE

Cruising speed*	4 - 5.5 knots
Cruising time*	9 - 4 hours
Cruising range*	39 - 21 nm
Recharging time standard charger*	3 - 4 hours
Recharging time quick charger*	2 - 3 hours
Number of 12 volt 8-D batteries (245 Ah)	3 batteries
Battery bank voltage in total	36 vdc
Amps (maximum)	70 amps
Kilowatts (peak output kW rating)	4.4 kW
Kilowatts (continuous output kW rating)	2.5 kW
Charger	Elcon PFC 1500
Quick charger (optional)	Elcon PFC 2000

CONVEYOR BELT

BM 8410 / 8420 Interroll Belt Conveyor Straight Head Drive



BF	Between frames	420, 620, 840 mm others on request
LW	Lane width	BF (+120/-90 mm per side with flexible side guide)
CL	Module length	650 - 3000 mm
TW	Module width	BF + 80 mm
HSG	Height side guide	35 - 65 mm

Scope of supply

- The module is fully assembled
- Supply incl. 1 sensor
- Please order support stands separately



Product Description

The belt conveyor is used for the transport of unit loads that are not suitable for roller tracks, and for all types of unit loads in case of inclines and declines.

The standard belt conveyor is equipped with a drum motor (BM 8420), a gear motor is available as an option (BM 8410). Not suitable for reversing operation.

Technical data

General technical data	Max. load capacity*	50 kg/m
	Max. load capacity per module*	220 kg
	Conveyor speed*	0.1 to 2.5 m/s (or 50 kg)
	Incline/decline	Max. 6°
	Ambient temperature	+5 to +40 °C (drum motor) -5 to +50 °C (gear motor)
Drive	Rated voltage	400 V
	Electrical power	Max. 1.1 kW
	Motor type	Drum motor/gear motor
Materials	Conveyor belt	Smooth, 2-layer, PVC, longitudinally grooved for incline
	Slider bed	Sheet steel 2 mm

* The combination of maximum values is not always possible.

BM 8432 / 8442

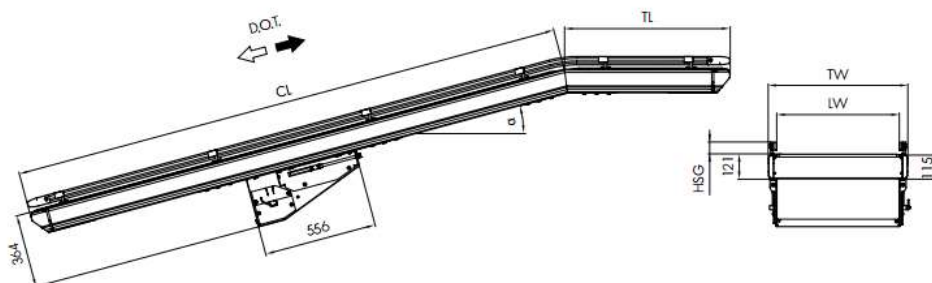
Interroll Belt Conveyor
Straight
Center Drive + Top Arch



BF	Between frames	420, 620, 840 mm others on request
LW	Lane width	BF (+ 120/-90 mm per side with flexible side guide)
CL	Module length	1500 to 20,010 mm
TL	Top length	720 to 2160 mm
TW	Module width	BF + 80 mm
HSG	Height side guide	35 - 65 mm
α	Incline/Decline angle	6°/9°/12°/15°/18°

Scope of supply

- Module is completely assembled, maybe split into sections
- Supply incl. 1 sensor
- Please order support stands and end caps separately

**Product Description**

The belt conveyor with top arch is used for transporting all types of unit loads in case of inclines or declines. The arch reduces noise and the impact of materials as they pass over it.

The standard belt conveyor is equipped with a drum motor (BM 8442), a gear motor is available as an option (BM 8432). Not suitable for reversing operation.

Technical data

General technical data	Max. load capacity*	50 kg/m
	Max. load capacity per module*	550 kg
	Conveyor speed*	0.1 to 2.5 m/s (up to 50 kg)
	Incline/decline	Max. 18°
	Ambient temperature	+5 to +40 °C (drum motor) -5 to +50 °C (gear motor)
Drive	Rated voltage	400 V
	Electrical power	Max. 3 kW
	Motor type	Drum motor/gear motor
Materials	Conveyor belt	Grooved longitudinally, 2-layer, PVC
	Slater bed	Sheet steel 2 mm

* The combination of maximum values is not always possible.

BM 8434 / 8444

Interroll Belt Conveyor

Straight

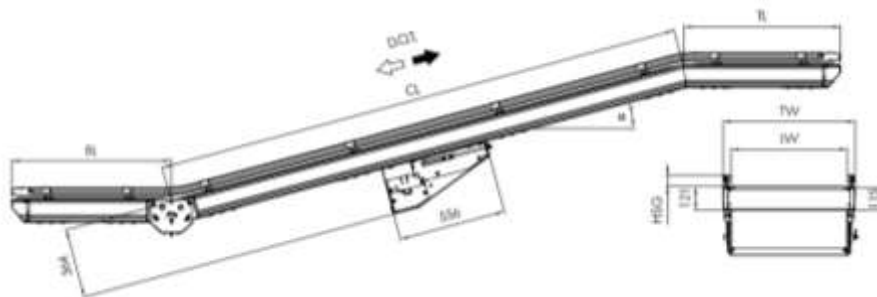
Center Drive + Top Arch + Feed



BF	Between frames	420, 620, 840 mm others on request
LW	Lane width	BF (+120/-90 mm per side with flexible side guide)
CL	Module length	1500 to 20,010 mm
TL	Top length	720 to 2160 mm
BL	Bottom length	720 to 1020 mm
TW	Module width	BF + 80 mm
HSG	Height side guide	35 - 65 mm
α	Incline/Decline angle	6°/9°/12°/15°/18°

Scope of supply

- Module is completely assembled, maybe split into sections
- Supply incl. 1 sensor
- Please order support stands and end caps separately



Product Description

The belt conveyor is used for transporting all types of unit loads in case of inclines and declines. Arch and feed allow a smooth and quieter transition at the upper and lower kink.

The standard belt conveyor is equipped with a drum motor (BM 8444), a gear motor is available as an option (BM 8434). Not suitable for reversing operation.

Technical data

General technical data	Max. load capacity*	50 kg/m
	Max. load capacity per module*	550 kg
	Conveyor speed*	0.1 to 2.5 m/s (at 50 kg)
	Incline/decline	Max. 18°
	Ambient temperature	+5 to +40 °C (drum motor) -5 to +50 °C (gear motor)
Drive	Rated voltage	400 V
	Electrical power	Max. 3 kW
	Motor type	Drum motor/gear motor
Materials	Conveyor belt	Grooved longitudinally, 2-layer, PVC
	Slider bed	Sheet steel 2 mm

BIODATA PENULIS



Arief Ega Pratama, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Madiun pada 30 Oktober 1995 silam, Penulis merupakan anak ketiga dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada MI Islamiyah Madiun 03, kemudian melanjutkan ke SMPN 1 Maospati dan SMAN 1 Maospati. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SBMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Rekayasa Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen Badan Usaha Milik Fakultas, BEM FTK ITS 2015/2016, Kepala Divisi Minat Bakat Departemen DAGRI BEM FTK ITS 2016/2017.

Email: egapratama116@gmail.com